

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD (LYON 1)
U.E.R. - FACULTE D'ODONTOLOGIE

Année 1980

THESE n° 43.12.80.03

THÈSE

pour le DIPLOME de DOCTEUR de 3^e CYCLE
en SCIENCES ODONTOLOGIQUES
présentée et soutenue publiquement le 26 juin 1980
par

BUYLE-BODIN Yves

Etude biométrique de la cavité glénoïde et de quelques facteurs influençant sa morphologie

JURY

M.	L. DAVID	Président
M.	J. PARRET	Assesseur
Mme	M.A. DE LUMLEY	Assesseur
M.	G. PERDRIX	Assesseur
M.	P. MEIN	Assesseur

UNIVERSITÉ CLAUDE-BERNARD LYON II
U.A.R. - FACULTÉ D'ODONTOLOGIE

Année 1995

2025 - 2026

THÈSE

DIPLOME A TITRE DE DOCTEUR
DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Présentée par M. [Nom] [Prénom] [Né le] [Lieu]

DE

ODONTOLOGIE

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Etude biométrique
de la cavité glénoïde
et de quelques facteurs
influençant sa morphologie

M. [Nom] [Prénom]

M. [Nom] [Prénom]

M. [Nom] [Prénom]

M. [Nom] [Prénom]

M. [Nom] [Prénom]

M. [Nom] [Prénom]

M. [Nom] [Prénom]

M. [Nom] [Prénom]

M. [Nom] [Prénom]

M. [Nom] [Prénom]

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD (LYON 1)
U.E.R. - FACULTE D'ODONTOLOGIE

Année 1980

THESE n° 43.12.80.03

THÈSE

pour le DIPLOME de DOCTEUR de 3^e CYCLE
en SCIENCES ODONTOLOGIQUES
présentée et soutenue publiquement le 26 juin 1980

par

BUYLE-BODIN Yves

Etude biométrique de la cavité glénoïde et de quelques facteurs influençant sa morphologie

JURY

M.	L. DAVID	Président
M.	J. PARRET	Assesseur
Mme	M.A. DE LUMLEY	Assesseur
M.	G. PERDRIX	Assesseur
M.	P. MEIN	Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD (LYON I)
D.E.R. - FACULTE D'ODONTOLOGIE

THÈSE N° 4315 (60)

Année 1980

THÈSE

pour le DITOM de DOCTEUR en D.E.R.
en SCIENCES ODONTOLOGIQUES
présentée et soutenue publiquement le 26 juin 1980
par
SUYLE-BORIN YVES

Etude biométrique de la cavité glénoïde et de quelques facteurs influant sur la morphologie



JURY

M. L. DAVID	Président
M. J. TARDY	Assesseur
Mme M.A. DE LAMBERT	Assesseur
M. G. PERDRIE	Assesseur
M. P. MARY	Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON I

Président : M. le Professeur D. GERMAIN

Premier Vice-Président : M. le Professeur E. ELBAZ

Secrétaire Général de l'Université : M. J. RAMBAUD, Administrateur Civil

UNITES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE (U.E.R.)

GRANGE BLANCHE	: M. le Professeur Paul ZECH
ALEXIS CARREL	: M. le Professeur René MORNEX
LYON NORD	: M. Yves MINAIRE, Maître de Conférences, Agrégé
LYON SUD	: M. le Professeur Jean NORMAND
FACULTE DE PHARMACIE	: M. le Professeur Charles Albert BIZOLLON
TECHNIQUES DE READAPTATION	: M. Alain MORGON, Maître de Conférences, Agrégé
BIOLOGIE HUMAINE	: M. J.P. REVILLARD, Maître de Conférences, Agrégé
I.R.E.P.S.	: M. Albert MILLON, Professeur E.P.S.
FACULTE D'ODONTOLOGIE	: M. le Professeur Jean PARRET
MATHEMATIQUES	: M. le Professeur P. PICARD
PHYSIQUE	: M. le Professeur Jean DELMAU
CHIMIE BIOCHIMIE	: Mme Annick VARAGNAT, Maître-Assistant
SCIENCES DE LA NATURE	: M. le Professeur Yves LEMOIGNE
SCIENCES PHYSIOLOGIQUES	: Mle le Professeur Jeanne-Françoise WORBE
PHYSIQUE NUCLEAIRE	: M. le Professeur Mark GUSAKOW
MECANIQUE	: Mle le Professeur Geneviève COMTE-BELLOT
OBSERVATOIRE DE LYON	: M. MONNET, Astronome-Adjoint
I.U.T. 1	: M. le Professeur A. VILLE
I.U.T. 2	: M. J. GALLET, Directeur E.N.S.A.M.

U.E.R. - FACULTE D'ODONTOLOGIE

Directeur : M. Jean PARRET, Professeur de Catégorie Exceptionnelle

Directeur-Adjoint : M. Georges LABE, Professeur 2e Grade

Directeur-Adjoint : M. Christian CHAVRIER, Assistant

PREMIERE SECTION D'ENSEIGNEMENT : PROTHESE

Professeur de Catégorie
Exceptionnelle : M. Jacques BRUGIRARD
Professeur 1er Grade : M. Bernard LALLICH
Professeur 2e Grade : M. André DUMONT, M. Lucien TOURTET
M. Dominique BOIS, M. Christian PIREL

DEUXIEME SECTION D'ENSEIGNEMENT : ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Professeur 1er Grade : M. Jean-Ennemond HESKIA, M. Henri DEPLAGNE
M. François BRUNNER
Professeur 2e Grade : M. Jacques CHASSIGNOL

TROISIEME SECTION D'ENSEIGNEMENT : PEDODONTIE-PREVENTION

Professeur 2e Grade : M. Michel CAUDMONT

QUATRIEME SECTION D'ENSEIGNEMENT : PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE DENTAIRES

Professeur de Catégorie
Exceptionnelle : M. Roger VINCENT
Professeur 1er Grade : M. Pierre BERTOIN
Professeur 2e Grade : M. Pierre DUCLOS

CINQUIEME SECTION D'ENSEIGNEMENT : PARODONTOLOGIE

Professeur 2e Grade : M. Georges PERDRIX, M. Jacques DOURY

SIXIEME SECTION D'ENSEIGNEMENT : DENTISTERIE CONSERVATRICE

Professeur 1er Grade : M. Jean POULARD, M. Jean PEROL
M. Robert THOMAS
Professeur 2e Grade : M. Jean BLANC-BENON, M. Henri CHAMBAZ
M. Philippe BONIN, M. Georges LABE

SEPTIEME SECTION D'ENSEIGNEMENT : BIOLOGIE ET MATIERES FONDAMENTALES

Professeur de Catégorie
Exceptionnelle : M. Jean PARRET
Professeur 1er Grade : M. Jacques DUMONT, M. Paul LIBOUREL
Professeur 2e Grade : M. Henry MAGLOIRE, M. Henri VINARD

A notre Maître et Président du Jury,

Monsieur le Professeur Louis DAVID

Docteur ès Sciences
Professeur à l'Université Claude Bernard
Directeur du Laboratoire Associé au C.N.R.S. n°11

En témoignage de notre profonde gratitude pour la confiance qu'il nous a toujours manifestée en nous accueillant au sein de son Laboratoire. Nous le remercions pour le grand honneur qu'il nous fait en acceptant de presider le Jury de cette these.

A nos juges,

Monsieur le Professeur Jean PARRET

Docteur en Medecine
Docteur en Sciences Odontologiques
Doyen de la Faculté d'Odontologie

Nous lui sommes reconnaissant de la disponibilité et de la gentillesse dont il a toujours fait preuve à notre égard, nous assurant l'appui et les encouragements nécessaires à un début de carrière universitaire.

Madame Marie-Antoinette DE LUMLEY

Docteur en Medecine
Docteur ès Sciences
Maitre de Recherches au C.N.R.S.

Qu'en raison de la notoriété de ses travaux en Paleontologie humaine, elle soit assurée que l'interet qu'elle a bien voulu porter à cette these represente pour nous un honneur hautement apprécié. Qu'elle en soit remerciée.

Monsieur le Professeur Georges PERDRIX

Docteur en Sciences Odontologiques
Chef du Service de Parodontologie de la Faculté d'Odontologie

Nous le remercions de nous avoir fait prendre conscience de l'importance croissante de la Parodontologie. Sa competence et son humanisme seront toujours un exemple pour nous.

Monsieur Pierre MEIN

Maitre-Assistant à l'Université Claude Bernard

Il nous a guidé dans les meandres de la Paleontologie humaine avec compétence et patience par des encouragements et des conseils toujours precieux. Qu'il soit assuré de notre gratitude.

REMERCIEMENTS

Au personnel du Muséum d'Histoire Naturelle de LYON, et tout particulièrement à Monsieur PHILIPPE, Assistant,

Aux membres du Laboratoire Associé au C.N.R.S. n° 11 et plus particulièrement à Messieurs PRIEUR, Conservateur des Collections et RIO, Assistant,

A nos collègues de la Faculté d'Odontologie de LYON, aux membres du Service de Parodontologie et tout particulièrement à Monsieur DOURY, Professeur,

A Mademoiselle PONCET, Bibliothécaire, et aux secrétaires de la Faculté d'Odontologie de LYON,

A Mademoiselle GUEROIS, pour sa collaboration à cette recherche,

A mes amis,

A toute ma famille, et en particulier à mon frère Gilles, pour la réalisation des photographies, et à ma femme, pour l'iconographie,

A mes parents,

A mes fils.

ETUDE BIOMETRIQUE DE LA CAVITE GLENOÏDE

ET DE QUELQUES FACTEURS INFLUENÇANT SA MORPHOLOGIE

"The need for training in dental research is self-evident, for it is part of a need in all aspects of the medical and dental healing arts. What must be focused on, specifically, is the orientation of programs designed for dental research. There are several aspects to this orientation : (1) to choose researchers who already have a sense of problem in the dental field, and to facilitate and expand this sense ; (2) to present the scope of available methods of attack bearing upon a specific problem ; (3) to discuss, demonstrate, and interpret techniques currently available and applicable ; (4) to analyze a given problem in terms of its generality and/or specificity, i.e., to encourage a breadth of view so that problems may be seen in terms of possible relation to annectant scientific disciplines of fields (so-called "inter-disciplinary approach") ; (5) the evaluation of the results, in a given research problem, for clinical implementation ; (6) the availability of the results to the clinician in terms of a. general principles, b. applicable "standards" or "norms" and c. immediate application of procedures or methods.

This boils down to what may be stated as a goal :
to develop a researcher, not a piece of research."

(W.M. KORGMAN, 1976) (85)

plan

<u>INTRODUCTION</u>	01
<u>CHAPITRE 1 - LA GENESE DE L'ARTICULATION TEMPORO-MANDIBULAIRE :</u>	
<u>LES REPTILES MAMMALIENS</u>	04
1.1. Stade pélycosaurien primitif	05
1.2. Stade pélycosaurien développé	06
1.3. Stade cynodonte	07
<u>CHAPITRE 2 - LA SPECIALISATION ARTICULAIRE DES MAMMIFERES</u>	10
2.1. L'articulation chez les mammifères	10
2.1.1. La spécialisation carnivore	11
2.1.2. La spécialisation herbivore	12
2.1.3. La spécialisation des rongeurs	13
2.2. Le type omnivore	14
2.2.1. Les Tupaidés	15
2.2.2. Les Lemuridés et les Lorisidés	15
2.2.3. Le type spécialisé de Daubentonia	15
2.2.4. Les Primates supérieurs	16
<u>CHAPITRE 3 - ARTICULATION TEMPORO-MANDIBULAIRE ET HOMINISATION</u>	18
3.1. L'hominisation	18
3.1.1. La station érigée	18
3.1.2. L'expansion cérébrale	19
3.1.3. La régression du système masticatoire	20
3.2. Les hominidés fossiles	23
<u>CHAPITRE 4 - EMBRYOLOGIE DE L'ARTICULATION TEMPORO-MANDIBULAIRE</u>	26
4.1. Embryogénèse	28
4.1.1. 8e semaine I.U.	28
4.1.2. 9e semaine I.U.	29
4.1.3. 10e semaine I.U.	30

4.1.4. 11e semaine I.U.-----	30
4.1.5. 12e semaine I.U.-----	31
4.2. Croissance -----	31
4.3. Résumé -----	32
<u>CHAPITRE 5 - CROISSANCE POST-NATALE DE L'ARTICULATION TEMPORO-MANDIBULAIRE --</u>	<u>33</u>
5.1. Croissance post-natale de la surface temporale -----	35
5.2. Cartilage de croissance condylien -----	36
<u>CHAPITRE 6 - ANATOMIE DE L'ARTICULATION TEMPORO-MANDIBULAIRE ET DU</u>	
<u>SYSTEME MUSCULAIRE ASSOCIE -----</u>	<u>39</u>
6.1. L'articulation temporo-mandibulaire -----	39
6.1.1. La surface sous-temporale -----	39
6.1.2. Le condyle du temporal -----	40
6.1.3. La cavité glénoïde -----	40
6.2. Les muscles masticateurs -----	42
6.2.1. Muscle temporal -----	42
6.2.2. Muscle masséter -----	43
6.2.3. Muscle ptérygoïdien interne -----	43
6.2.4. Muscle ptérygoïdien externe -----	43
6.3. Les muscles de la nuque -----	44
6.3.1. Muscles sterno-cleïdo-mastoïdiens -----	44
6.3.2. Les muscles postérieurs du cou -----	45
<u>CHAPITRE 7 - MODIFICATIONS MORPHOLOGIQUES ARTICULAIRES PATHOLOGIQUES -----</u>	<u>46</u>
7.1. Tableau clinique -----	46
7.2. Potentiel d'adaptation articulaire -----	48
7.3. Mécanisme histopathologique -----	49
7.4. Facteurs prédisposants -----	50
7.4.1. Forces intra-articulaires anormales -----	50

7.4.2. Abrasion dentaire excessive -----	51
7.4.3. Perte de dimension verticale -----	51
<u>CHAPITRE 8 - REVUE DE LA LITTERATURE</u> -----	53
<u>CHAPITRE 9 - MATERIEL ET METHODES</u> -----	56
9.1. Standardisation des mesures -----	57
9.2. Choix des mensurations -----	59
9.3. Analyse statistique -----	67
<u>CHAPITRE 10 - RESULTATS ET DISCUSSION</u> -----	69
10.1. Résultats -----	69
10.1.1. Asymétrie bilatérale -----	69
10.1.2. Paramètres statistiques classiques et variations sexuelles -	69
10.1.3. Variations avec l'âge -----	71
10.1.4. Corrélations entre les variables -----	71
10.2. Discussion -----	77
10.2.1. Caractéristiques morphologiques de la structure articulaire temporale -----	77
10.2.2. Facteurs susceptibles d'influencer la morphologie articulaire -----	79
10.2.2.1. La cérébralisation -----	80
10.2.2.2. La base du crâne -----	81
10.2.2.3. L'architecture faciale -----	82
10.2.2.4. La stature crânienne sur la colonne vertébrale --	84
10.2.2.5. Les muscles masticateurs -----	85
<u>CONCLUSIONS</u> -----	88
<u>ANNEXE - TABLEAUX DES DONNEES</u> -----	90
<u>BIBLIOGRAPHIE</u> -----	94

introduction

Le nombre croissant de patients présentant des troubles dysfonctionnels de l'appareil masticateur pose actuellement au praticien des problèmes de diagnostic positif ou différentiel, et de traitement de ces troubles. Mais d'autres sujets de réflexion, liés aux facteurs prédisposants individuels et à l'étiologie, surgissent lorsque ces problèmes sont envisagés sous l'angle de la prévention ou de la définition étio-pathogénique.

On distingue actuellement deux écoles étiologiques (KIRVESKARI, 1978) (79) :

- . Une école psycho-physiologique, menée par LASKIN (1977) (86), pour laquelle les hypertonicités musculaires consécutives à l'élévation du stress psychique de l'individu sont les facteurs prédisposants des contractures masticatrices et "paramasticatrices" et initiateurs des troubles lésionnels articulaires ultérieurs.
- . Une école morphologique qui se polarise sur la valeur des irrégularités occlusales dans la genèse des troubles fonctionnels et surtout lésionnels.

L'expérience clinique montre que le déclenchement des troubles peut être attribué, de façon relativement inégale suivant les patients, simultanément aux facteurs décrits comme prédisposants par ces deux écoles. Néanmoins, que l'on se réfère à l'une ou l'autre, il apparaît indispensable de définir aussi précisément que possible les facteurs de prédisposition, facteurs confondus avec les facteurs de risque dans le cadre d'une prévention nécessaire, selon la définition épidémiologique.

Dans la dysharmonie forme-fonction, élément de base des troubles de l'appareil masticateur, l'instabilité structurale de l'articulation temporo-mandibulaire humaine (POKRAS, 1977) (118), consécutive aux processus de l'Hominisation, représente un élément majeur mais peu étudié de la chaîne étio-pathogénique. Pourtant, la connaissance approfondie de la morphologie conditionne la bonne conduite des traitements des troubles fonctionnels (SOLOW et TALLGREN, 1976) (145). Nous nous sommes donc attaché, au cours de ce travail, à définir par une étude biométrique, les caractéristiques morphologiques de la cavité glénoïde de l'articulation temporo-mandibulaire.

Trois raisons ont motivé cette étude :

- . Le choix des méthodes biométriques comme outil d'appréciation des caractéristiques morphologiques résulte de la recherche d'une meilleure quantification des variations individuelles et de l'appréciation la plus objective possible des facteurs influençant cette morphologie. Cette méthode offre le maximum de possibilités d'appréciation morphologique, comparée aux méthodes radiologiques plus classiques mais moins complètes.
- . La recherche d'une meilleure définition des influences subies par la cavité glénoïde dans la réalisation des différents types morphologiques. En effet, toutes les connaissances actuelles laissent à penser que la cavité glénoïde est une structure très stable dans le temps, peu sujette aux variations dans le cadre d'une physiologie normale, mais pouvant se déformer de manière significative si l'équilibre fonctionnel est rompu par des sollicitations trop importantes. Cette structure semble donc un élément sur lequel le praticien n'agit pas mais à laquelle il doit se référer dans son diagnostic ou son plan de traitement.
- . La rareté des études morphologiques de cette structure osseuse crânienne, généralement observée sur des vestiges fossiles, témoins de la convergence de facteurs masticatoires et cranio-faciaux. Un des buts de cette étude est donc de rassembler le plus grand nombre de renseignements permettant de mieux comprendre la biologie de l'individu porteur d'une cavité glénoïde fossile.

Nous avons cherché à montrer, après avoir défini de manière anatomique les structures temporo-mandibulaires, la valeur relative, tant sur un plan évolutif qu'ontogénétique, des différents critères classiquement avancés comme influant sur la cavité glénoïde :

- les changements posturaux sous-jacents à la définition de la morphologie articulaire humaine,
- l'opposition fonctionnelle entre base du crâne et appareil masticateur,
- les rapports anatomiques avec les structures voisines,
- les inter-relations entre la forme articulaire et la fonction masticatrice, sous-tendant les variations phylogénétiques et pathologiques,

- les rapports morphologiques antagonistes mais complémentaires entre structures articulaires supérieure et inférieure.

Cet exposé théorique nous a paru nécessaire pour bien comprendre les relations physio-pathologiques existant entre structures anatomiques voisines, quoique souvent d'origines très différentes et les processus provoquant parfois une destruction caractéristique des structures articulaires.

La discussion des résultats de l'étude expérimentale portant sur 149 crânes humains fournira la base de réflexions ultérieures concernant les véritables facteurs d'influence de la morphologie de la surface temporale de l'articulation temporo-mandibulaire.

CHAPITRE 1

La genèse de l'articulation temporo-mandibulaire :
les reptiles mammaliens

L'acquisition de la fonction et des structures masticatoires est l'un des stades importants du passage des Vertébrés reptiles aux Vertébrés mammaliens. Evoluant de pair avec l'homéothermie et le développement des glandes salivaires, elle est l'élément déterminant d'une digestion plus rapide et intervient dans l'élaboration d'un nouveau métabolisme plus efficace.

Avec les structures dentaires, osseuses et musculaires, les articulations des mâchoires occupent dans ce passage évolutif une place essentielle. Il convient d'analyser cette évolution afin de définir très précisément les moteurs et les conséquences anatomo-physiologiques de cette différenciation phylétique dont nous héritons.

La transformation des structures cranio-faciales reptiliennes en structures mammaliennes se réalise sur une longue période : du Permien inférieur au Trias supérieur. Les découvertes paléontologiques permettent actuellement de définir de manière assez précise les stades évolutifs de la "révolution" masticatoire. On les définit ainsi :

- passage de l'homodontie à l'hétérodontie dimensionnelle par différenciation canine (Permien moyen),
- organisation du système mobilisateur de la mandibule, consécutive aux nouvelles exigences prédatrices de la canine néo-formée (Permien supérieur),
- acquisition d'une plexodontie post-canine de type sectorial et d'un palais secondaire (séparation du tractus aéro-digestif permettant une action de dilacération de la proie compatible avec la respiration), ces deux acquisitions étant réciproquement liées (Trias inférieur),
- réalisation d'une articulation des mâchoires de type mammalien (Trias moyen).

Comme toute structure biologique, l'articulation mammalienne des mâchoires ne s'est pas différenciée subitement. Elle est l'aboutissement d'une série d'ajustements biomécaniques conduits par la réorganisation musculaire, elle-même influencée par la différenciation dentaire. De l'articulation carré-articulaire reptilienne, compatible avec des mouvements mandibulaires orthaux et avec un comportement

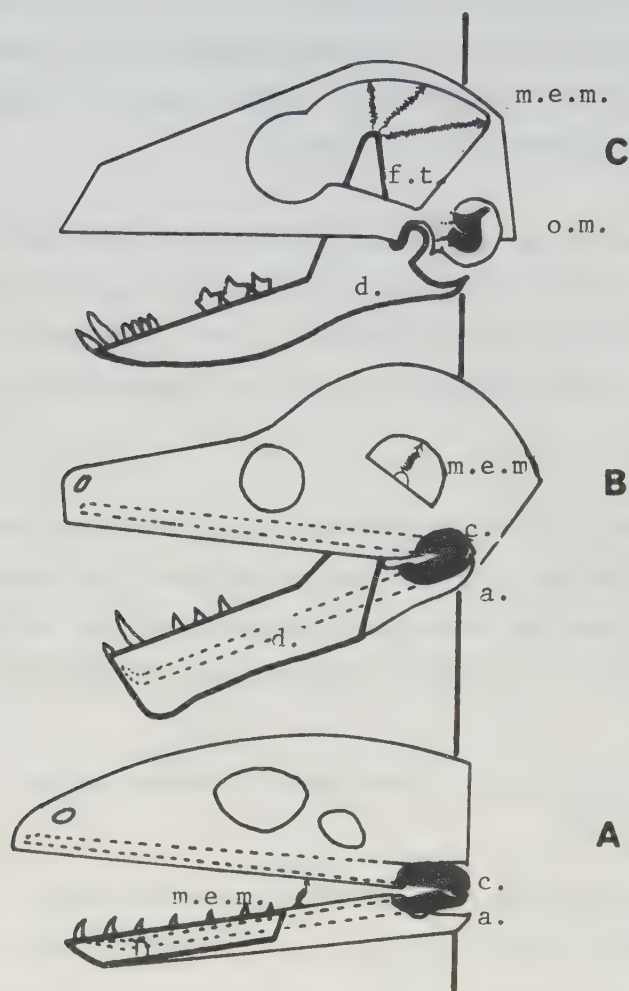


Figure 1: Evolution de la mécanique mandibulaire chez les Vertébrés Supérieurs (d'après DU BRUL - 1964)(49): A- chez les Reptiles; B- chez les Reptiles mammaliens; C- chez les Mammifères.

Légende:

- d.: os dentaire
- o.m.: oreille moyenne
- f.t.: fosse temporale
- m.e.m.: muscle élévateur de la mandibule
- c.: os carré
- a.: os articulaire

prédateur de type happage-déglutition, à l'articulation dentaire-squamosal mammalienne, permettant les mouvements mandibulaires tridimensionnels requis par la mastication, on admet généralement différents stades évolutifs, tous dépendants de la réorganisation musculaire. Les études remarquables de CROMPTON (1963) (40), BARGHUSEN (1970) (5) (1973) (6) et DU BRUL (1974) (50) sur la genèse de l'articulation mandibulaire, nous permettent de considérer différents stades.

1.1. STADE PELYCOSAURIEN PRIMITIF

Représenté par Varanops (GINSBURG, 1970) (63), le groupe des Pelycosauriens primitifs, est caractéristique de la morphologie cranio-faciale reptilienne primitive (Cf. figure 1A). La connaissance de son plan d'organisation musculaire proche de celui des reptiles actuels, est primordiale pour comprendre l'origine du système masticatoire et de l'articulation temporo-mandibulaire, conséquence ultime des profonds changements ostéologiques liés au nouveau mode nutritionnel.

Le système dentaire se présente comme haplodonte, avec un léger développement dans la région de la suture prémaxillo-maxillaire. L'articulation des mâchoires est de type carré (structure articulaire crânienne) - articulaire (structure articulaire mandibulaire), située dans le plan occlusal, servant de jonction entre :

- une mandibule mosaïque composée d'un os dentaire large, externe et antérieur et de sept os accessoires associés (dont l'articulaire) internes et postérieurs (GINSBURG, 1970) (63).
- un crâne synapsidé, caractérisé par une fosse temporale latérale, bordé sur sa face supérieure par un "toit" post-orbitaire (KEMP, 1980) (78) et sur sa face inférieure par une arcade zygomatique.

Par analogie avec les Reptiles actuels, une reconstitution des structures musculaires peut être déduite (BARGHUSEN, 1970-1973) (5) (6). Trois groupes musculaires adducteurs se partagent la mobilité mandibulaire :

- le muscle adducteur mandibulaire externe (MAME), important, partant de la fosse temporale et se jetant sur la surface dorsale et dorso-interne de la mandibule.

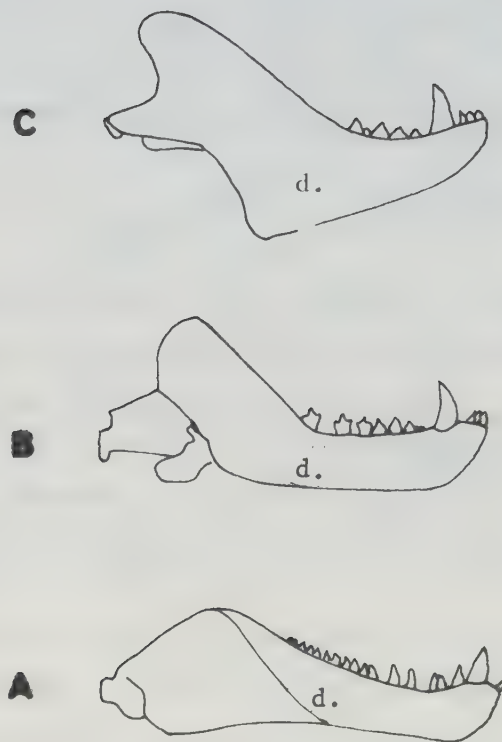


Figure 2: Vue mandibulaire externe de quelques Reptiles
mammaliens (d'après CROMPTON - 1963)(40).
A- Diméetrodon; B- Thrinaxodon; C- Diarthrognathus.

Légende: d.: os dentaire

- un groupe musculaire adducteur mandibulaire interne pseudo-temporal (MAMIPs) et ptérygoïdien postérieur (MAMIPT) provenant des os épiptérygoïde et carré, débouchant dans la fosse adductrice formée par les os accessoires sur la surface postéro-interne de la mandibule.
- le muscle adducteur postérieur (MAP) provenant de l'os ptérygoïde et du carré et se jetant sur la face ventrale des os mandibulaires accessoires au niveau de l'os angulaire.

Dans le plan musculaire ainsi défini, aucune insertion ne se fait sur l'arcade zygomatique ou sur la surface mandibulaire externe. Seule une infime partie du MAME, dans sa portion dorso-postérieure, s'insère sur le dentaire.

La direction globalement verticale des structures musculaires est responsable d'une poussée importante sur l'articulation carré-articulaire qui est, chez ce groupe, assez développée.

1.2. STADE PELYCOSAURIEN DEVELOPPE

Dimetrodon (BARGHUSEN, 1973) (6) représente le type pelycosaurien le plus spécialisé. Fossile universellement considéré comme étant à l'origine de la lignée mammalienne (Cf. figures 2A et 3A).

Il présente un déplacement postérieur et inférieur de la fosse temporale (contemporaine de l'apparition d'une différenciation canine particulièrement affirmée) et il y apparaît un processus coronoïdien sur la mandibule. Cette modification mandibulaire s'accompagne d'un abaissement de l'articulation des mâchoires en-dessous du plan occlusal.

Le déplacement des surfaces d'insertion confère au MAME une ligne d'action postérieure à celle des pelycosauriens primitifs. Le déplacement inférieur de l'articulation des mâchoires, consécutif au développement coronoïdien, augmente le bras de levier du MAME. Celui-ci va se transformer et acquérir une structure pennée largement suppléée par un système aponévrotique. La musculature ptérygoïdienne postérieure enrobe la portion angulaire de la mandibule et apparaît donc sur la face latérale. Toutes ces transformations suggèrent la mise en place d'un comportement

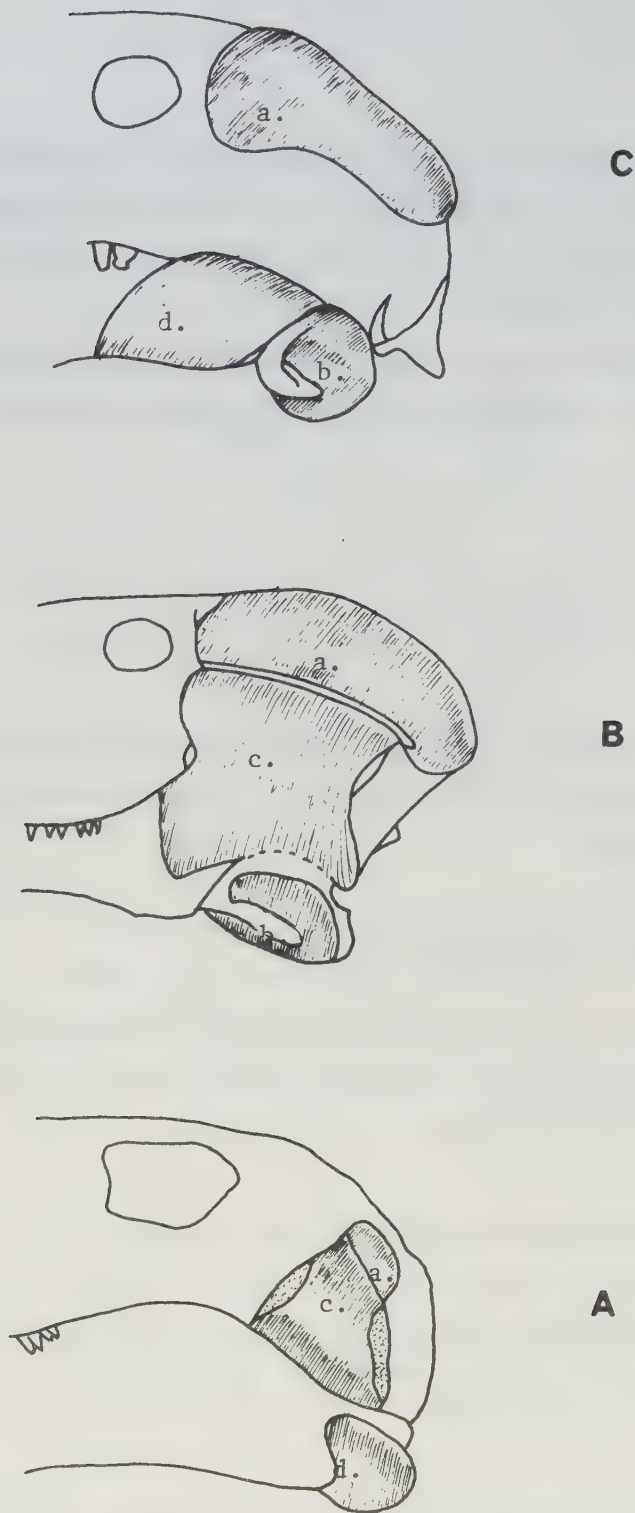


Figure 3: Organisation musculaire masticatrice chez les Reptiles mammaliens
 A- Dimetrodon (d'après BARGHUSEN - 1973)(6); B- Leavachia et
 C- Thrinaxodon (d'après BARGHUSEN - 1970)(5).

Legende: a.: aponevrose temporale
 b.: MAMIPt.
 c.: MAME
 d.: muscle masseter en developpement.

alimentaire prédateur adapté à de grosses proies. La ligne d'action postéro-dorsale du MAME est appropriée pour résister à un déplacement antéro-ventral de la mandibule, consécutif aux mouvements de la proie lors de sa capture.

Cette ligne évolutive va se poursuivre dans les stades suivants par élévation du rebord temporal et augmentation de la surface de la fosse. Physiologiquement, la surface d'insertion est remplacée par une aponévrose temporale puissante. Ces modifications quantitatives ne sont que les améliorations d'une structure masticatrice de base mise en place chez Diméetrodon.

1.3. STADE CYNODONTE

Les cynodontes sont les descendants directs des Pelycosauriens et représentent le véritable groupe charnière entre les Reptiles et les Mammifères. Comme pour tous les groupes de Vertébrés en expansion, on assiste, au début du Trias, à une véritable radiation évolutive des Cynodontes qui représentent toutes les formes possibles de spécialisation masticatoire. Quelques espèces de ce groupe donnent naissance aux mammifères, mais celles-ci nous sont encore inconnues (BUYLE-BODIN et DUBREUIL, 1976) (28). Cependant, il est actuellement possible de définir les grandes lignes de l'évolution de l'articulation des mâchoires chez ces Reptiles mammaliens et d'analyser les raisons physiologiques de l'acquisition d'une nouvelle articulation.

Parmi les modifications essentielles, il convient de noter chez Leavachia (Cf. figure 3 B) (BUYLE-BODIN et DUBREUIL, 1976) (28), le déplacement postérieur et l'élargissement de la fosse temporale, déjà amorcée chez Diméetrodon; la surface d'accrochage du MAME correspond à celle du muscle temporal mammalien; la croissance musculaire associée à l'augmentation de surface d'accrochage provoque l'extériorisation de l'arcade zygomatique pour supprimer un bridage osseux constrictif. Parallèlement à la modification canine, apparaît un développement important de l'apophyse coronaire du dentaire qui s'élève au-dessus des os accessoires internes. Une telle puissance musculaire est liée à une capacité prédatrice accrue. A ce stade, les reptiles mammaliens n'ont que peu de ressemblances avec leurs ancêtres pelycosauriens. L'efficacité de ce comportement masticatoire est améliorée par l'acquisition d'un palais secondaire (permettant la respiration et la mastication simultanées) et de la

plexodontie post-canine (permettant la préparation buccale de l'aliment) (Thrinaxodon) (BARGHUSEN, 1970) (5). Mais la mastication nécessite des mouvements mandibulaires ectaux et entaux conduits par des muscles diducteurs. Ceux-ci vont se mettre en place au stade de Cynognathus (Cf. figure 2B et 3C).

L'expansion externe de l'arcade zygomatique libère une aire potentielle d'attachement musculaire sur sa face externe, tout en laissant un espace comblé en partie par le muscle temporal néo-formé. La surface potentielle se double d'une fosse masséterine sur la face dorso-latérale de l'os dentaire : c'est le début de la différenciation du muscle masséter par progression du MAME en direction ventro-externe sur l'os dentaire et en direction externe sur la face interne de l'arcade zygomatique. Ce développement progresse par la création de la région angulaire de la mandibule (Probelesodon, ROMER, 1969) (130), conséquence de la différenciation des chefs profond (dentaire) et superficiel (angulaire) du muscle ; le développement de l'angle mandibulaire permet celui d'une partie de la musculature ptérygoïdienne (CROMPTON, 1963) (40), premier stade du muscle ptérygoïdien interne mammalien. Une telle expansion osseuse et musculaire implique un rétrécissement notoire des os accessoires mandibulaires qui se trouvent alors projetés sur une baguette interne. De plus, de par son expansion, le corone atteint par son bord dorsal le plan pariétal supérieur et rejoint rapidement la racine postérieure de l'arcade zygomatique.

Deux fossiles, Probainognathus et Pachygenelus (= Diarthrognathus) (HOPSON et KITCHING, 1972) (69), (BUYLE-BODIN et DUBREUIL, 1976) (28) se partagent ainsi la particularité d'associer les deux articulations reptilienne (surface mandibulaire concave et surface crânienne convexe) et mammalienne (surface mandibulaire convexe et surface crânienne concave) chez un même animal ; mais leur position phylétique est actuellement très controversée. Sous la pression évolutive, le transfert de la responsabilité articulaire d'une structure frêle, en bout de baguette osseuse interne et subissant des forces masticatoires importantes à une structure plus rigide représentée par le complexe dentaire squamosal, est devenu une nécessité pour le perfectionnement et la spécialisation ultérieurs de l'appareil masticatoire. Certains mammifères actuels montrent l'exemple vivant de cette situation bi-articulaire. Il s'agit essentiellement des mammifères marsupiaux (exemple : Dasyurus viverrinus) (MOFFETT, 1974) (97) qui présentent une articulation carré-articulaire à la

naissance ; le développement progressif de l'articulation dentaire-squamosal et celui des muscles masticateurs associés s'opère au cours de la jeunesse de l'animal (Cf. figure 1C).

Telles sont les étapes de la création de l'articulation dentaire-squamosal (ou temporo-mandibulaire) mammalienne. Les muscles MAMIPs et MAP, associés à l'articulation carré-articulaire, disparaissent avec la perte de son activité masticatoire. Mais l'articulation primitive persiste chez les mammifères sous la forme de l'articulation des osselets de l'oreille moyenne (c'est à dire incus = carré - malleus = articulaire). Cette articulation auriculaire est associée aux vestiges musculaires masticateurs reptiliens devenus le muscle tenseur du tympan innervé par le trijumeau. Les relations pathologiques entre l'articulation temporo-mandibulaire et l'oreille moyenne, parfois manifestes dans les dysfonctions de l'appareil masticateur trouvent dans la phylogénèse la base de leur pathogénie (DU BRUL, 1974) (50). La transformation de la nature de l'articulation des mâchoires modifie aussi la dynamique intra-articulaire. Chez les Reptiles, l'articulation est essentiellement un point d'appui supportant des forces importantes. Chez les Mammifères, par contre, elle subit les seules forces requises pour le maintien de l'intégrité et l'alignement des composants osseux (ROBERTS, 1974) (128). Soulignons l'importance de cette modification de la dynamique intra-articulaire dans les phénomènes pathologiques léSIONNELS de l'articulation temporo-mandibulaire.

CHAPITRE 2

La spécialisation articulaire des mammifères

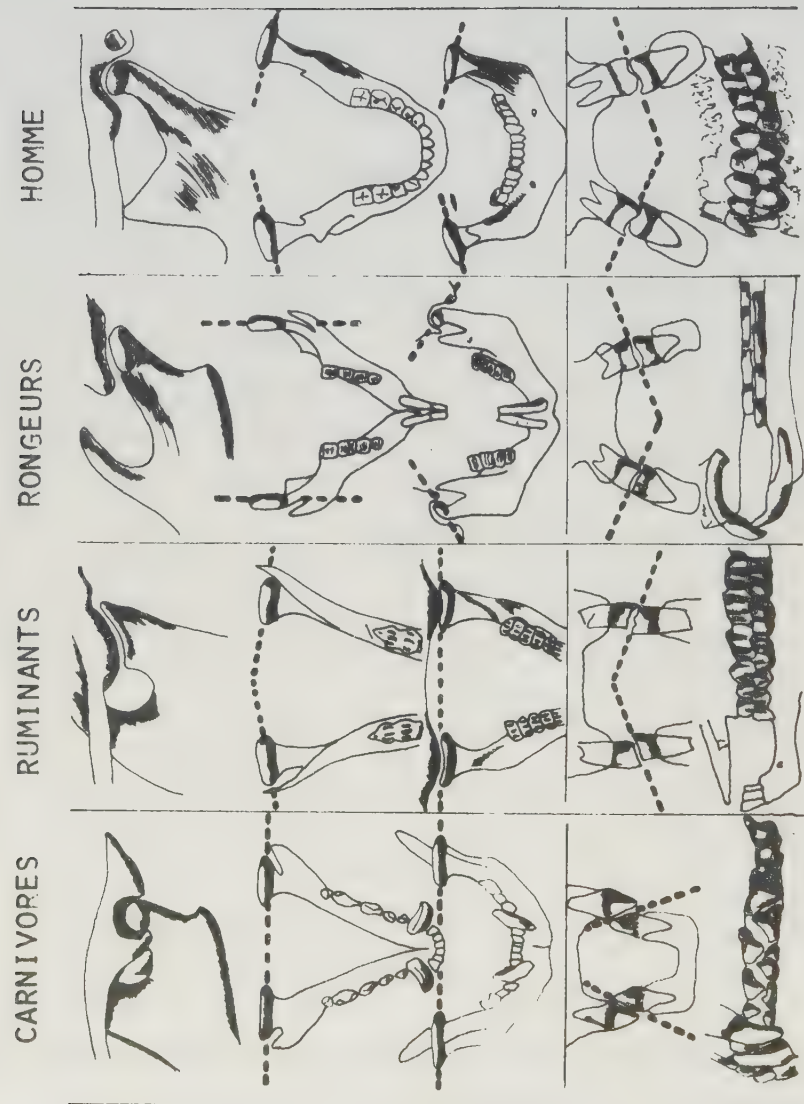


Figure 4: La morphologie de l'articulation temporo-mandibulaire, de la mandibule et des rapports occlusaux chez les principaux groupes de Mammifères (d'après FRITEAU - 1923)(57)

L'articulation temporo-mandibulaire et les muscles masticateurs vont évoluer avec les changements alimentaires imposés aux mammifères pour occuper les niches écologiques délaissées par les Reptiles. Avec les systèmes dentaire et musculaire, les structures articulaires se modifient pour s'adapter à la diversification des régimes alimentaires, facteur évolutif principal de l'appareil masticateur (BUYLE-BODIN et DUBREUIL, à paraître) (30). A l'origine, l'articulation temporo-mandibulaire était celle d'un animal insectivore, à l'aspect morphologique très proche de l'articulation des carnivores actuels. Puis elle subit de nombreuses modifications avec l'acquisition de nouveaux modes nutritionnels (herbivore, rongeur ou omnivore). Il convient donc de détailler ces modifications morphologiques stomatognathiques spécifiques aux mammifères avant de décrire le mode omnivore représenté par le groupe qui nous est le plus proche : les Primates. La description des parallèles entre les systèmes dentaire, musculaire et articulaire n'est que schématique et arbitraire car la Nature a souvent tendance à atténuer toutes les corrélations pouvant faciliter une approche méthodologique des liaisons existant entre les différents éléments du système stomatognathique des mammifères (GASPARD, 1976) (60).

2.1. L'ARTICULATION CHEZ LES MAMMIFERES (Cf. figure 4)

Chez les mammifères primitifs, le système masticateur est peu spécialisé mais constitue une réelle base commune entre ceux des carnivores, des herbivores et des rongeurs. Dans ce groupe synthétique (TURNBULL, 1970) (153), proche des insectivores actuels, les trois groupes musculaires élévateurs montrent les relations primitives acquises chez les Reptiles mammaliens, entre un temporal dominant, un masséter et des ptérygoïdiens secondaires (MOFFETT, 1964) (97). Cette prédominance facilite les mouvements orthaux de mordication typiques des insectivores, suivant un mouvement charnière (MILLS, 1977) (94). L'articulation temporo-mandibulaire et le système dentaire présentent une morphologie proche de celle des carnivores actuels - que nous étudierons d'abord - et qui apparaissent comme le groupe le moins spécialisé, bien que possédant la dentition la plus complexe.

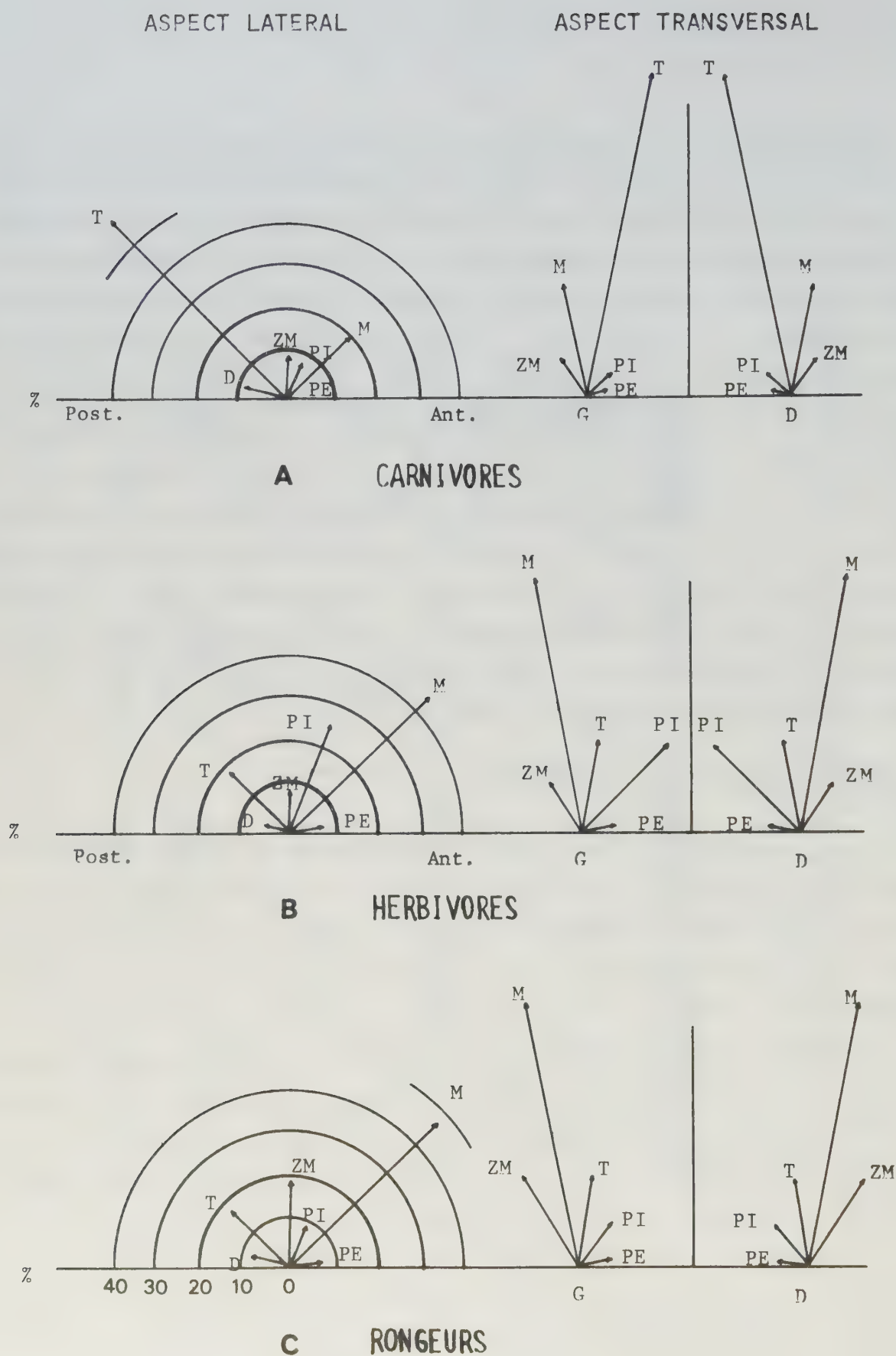


Figure 5: Diagrammes schematiques des principaux vecteurs musculaires masticateurs (longueur exprimé en %) (d'après TURNBULL -1970)(153)

Legende: D- muscle digastrique, M- muscle masseter, PE- muscle pterygoidien externe, PI- muscle pterygoidien interne.

2.1.1. La spécialisation carnivore

Les mouvements principaux de mastication sont des mouvements orthaux d'abaissement et d'élévation mandibulaire. La forme condylienne mandibulaire la mieux adaptée à de telles actions biomécaniques est un cylindre transversal, présentant deux facettes articulaires externe et interne, séparées par une zone non articulaire. La facette externe est en relation étroite avec l'éminence articulaire, et ne subit que peu de forces en mouvement de latéralité du côté non travaillant du fait de l'absorption des forces par la symphyse mentonnière fibreuse. La facette interne entre en contact avec le processus post-glénoïdien, hyperdéveloppé, en réponse à des forces importantes subies par la partie postérieure du côté de l'articulation travaillante (TURNBULL, 1970) (153). La fosse articulaire moule étroitement le condyle mandibulaire et présente deux facettes articulaires homologues des facettes condyliennes, une externe sur l'éminence articulaire, une interne au niveau du processus post-glénoïdien. Elles sont, elles aussi, séparées par une zone non articulaire.

La position de l'articulation est spécifique du type de mouvement affectant la mandibule. Chez les carnivores, l'articulation temporo-mandibulaire est placée dans le plan des dents, assurant ainsi des mouvements courts, nécessaires à une mastication rapide, comme chez les insectivores, permettant ainsi l'accès à une plus grande ouverture buccale, nécessaire à la saisie de proies importantes (carnivores).

L'analyse bio-mécanique de la mastication faite par GASPARD (1976) (59) a montré que la fragmentation de la proie nécessite un effort tranchant, par cisaillement et par extension (dilacération), faisant intervenir des efforts de latéralité importants, favorisés par une symphyse mentonnière lâche ("troisième articulation des mâchoires"). Ces efforts influent sur l'activité des différents groupes musculaires et sur la morphologie dentaire. Les muscles temporal et masséter fournissent la majeure partie de l'action musculaire (SCOTT, 1955) (139). L'action latérale revient essentiellement au muscle zygomatiko-mandibulaire du côté travaillant (différenciation externe du muscle temporal) du fait de l'insuffisance fonctionnelle du muscle ptérygoïdien externe du côté non travaillant. Par rapport aux mammifères primitifs, les carnivores montrent les mêmes mécanismes musculaires de base avec néanmoins un développement maximal du muscle temporal et une forte réduction des muscles du groupe ptérygoïdien (TURNBULL, 1970) (153). La composante dynamique d'une

telle disposition musculaire, dirigée vers le haut et vers l'arrière, est donc hautement traumatisante pour la partie postérieure de l'articulation travaillante (Cf. figure 5A).

La morphologie dentaire se caractérise par le maintien d'une angulation importante des dents carnassières secodontes. MILLS (1977) (94) a montré que les facettes d'attrition visibles sur les dents des carnivores ne sont pas produites par l'action de la nourriture mais par l'usure naturelle des dents les unes contre les autres. La nourriture est ainsi placée entre les dents comme entre les deux lames d'un ciseau à charnière lâche, l'articulation temporo-mandibulaire. L'attrition apparaît donc chez ces animaux comme une nécessité physiologique et non comme une condition pathologique.

2.1.2. La spécialisation herbivore

Dans ce groupe, les mouvements masticatoires se font dans les trois directions : antéro-postérieurs (peu développés) entaux et ectaux (caractéristiques du groupe) et verticaux usuels. Le condyle mandibulaire apparaît orienté transversalement et possède deux facettes articulaires : une antéro-supérieure importante mais ne représentant que le tiers de sa correspondante crânienne et une postéro-externe, petite. Ces deux facettes sont séparées par une crête étroite sans fonction articulaire. On retrouve cette architecture au niveau de la structure glénoïdienne. La facette antérieure est grande, convexe dans les trois dimensions. Elle est orientée en bas et en arrière. La facette postérieure est située sur le processus post-glénoïdien postérieur et interne. Une importante zone articulaire sépare les deux facettes.

La position surélevée de l'articulation par rapport au plan alvéolaire permet à la mandibule d'effectuer, avec un effort moindre, un mouvement pendulaire rythmique. Dans ce mouvement, les deux facettes antérieures opposées du côté non travaillant glissent l'une sur l'autre tandis que les deux petites facettes postérieures servent d'appui au côté travaillant (MURPHY, 1965) (107). L'action musculaire masticatrice est assurée par les muscles masséter et ptérygoïdien interne qui, par leur composante horizontale antérieure, tendent à maintenir le contact le plus étroit possible entre condyle mandibulaire et éminence articulaire (SCOTT, 1955) (139). Chez les herbivores, le masséter prédomine ; le temporal peut être aussi

important que les ptérygoïdiens ou selon les espèces, régresser de manière significative (TURNBULL, 1970) (153). Le muscle zygomatiko-mandibulaire est souvent associé aux ptérygoïdiens pour la fonction de diduction (Cf. figure 5B).

Chez les herbivores, la fonction d'attrition existe aussi : les surfaces dentaires sont des surfaces planes (lophodontes) entre lesquelles les végétaux sont broyés par de multiples crêtes coupantes, véritables replis d'émail mis à nu par l'usure cémentaire et dentinaire. Les crêtes des dents opposées s'insèrent parfaitement les unes dans les autres et exercent une force perpendiculaire aux mouvements masticatoires essentiels (MILLS, 1977) (94).

2.1.3. La spécialisation des rongeurs

Le condyle mandibulaire est un cylindre de grand axe antéro-postérieur parasagittal, surmonté de deux facettes latérales dans le même sens que le condyle et séparées par une crête non articulaire. La fosse glénoïde de même orientation, a deux lèvres latérales supportant les surfaces articulaires correspondant à celles des condyles.

La mandibule fonctionne selon deux positions distinctes : une antérieure pour l'action de ronger et une postérieure fonctionnelle lors de la mastication. L'articulation temporo-mandibulaire doit s'adapter à deux types de fonctions : une protrusion pour permettre la fonction incisive et dégager les molaires, une rétrusion importante pour engréner les molaires et désengréner les incisives. Ces différents mouvements sont favorisés par un long diastème entre incisives et post-canines et par la forme en gouttière antéro-postérieure de l'articulation. La mastication proprement dite est accomplie par des mouvements verticaux associés à des mouvements latéraux (TURNBULL, 1970) (153) avec, parfois, des mouvements antéro-postérieurs selon les espèces. La différence d'occlusion entre les arcades antagonistes explique que toutes ces fonctions masticatoires se réalisent unilatéralement.

Nous remarquons chez les rongeurs une grande spécialisation musculaire. Le masséter est le groupe dominant, hypertrophique, déterminant la disposition musculaire antéro-postérieure caractéristique de ce groupe. La nécessité fonctionnelle d'un muscle de nature identique au masséter a donné naissance au muscle maxillo-mandibulaire issu du zygomatiko-mandibulaire. Il positionne la mandibule avec une

grande précision par son cheminement original à travers le trou sous-orbitaire. Son action de bridage permet de compenser une cavité glénoïde peu restrictive dans sa conception, limitant ainsi un trop grand balan articulaire. Les muscles ptérygoïdien et temporal interviennent peu pour assurer les autres activités musculaires (Cf. figure 5C).

2.2. LE TYPE OMNIVORE

On rencontre ce type chez les Suidés, les Ursidés et les Primates. Le condyle est plus ou moins ovoïde. La mandibule exécute des mouvements dans les trois dimensions pour écraser le bol alimentaire. L'articulation temporo-mandibulaire n'a pas de rôle directionnel défini, mais plutôt un rôle d'accomodation dans la mastication. On retrouve, séparées par une zone non articulaire, deux facettes articulaires et leurs opposées du côté temporal, la facette antérieure, plus importante que la facette postérieure, est orientée en haut et en avant. La direction générale de l'articulation est oblique d'arrière en avant et de dehors en dedans.

Une telle structure articulaire, favorisée par la morphologie dentaire bunodonte permet une grande complexité de mouvements mandibulaires adaptés à la nature des aliments ingérés. L'action des différents muscles soutient les rapports interdentaires sans perturber les déplacements mandibulaires. Cette harmonie ne se trouve pas chez les herbivores, les carnivores ou rongeurs. Ce mécanisme atteint son maximum de complexité chez les Primates où une faible différenciation musculaire s'associe à une évolution cérébrale très poussée (GASPARD, 1972) (61). Une analyse anatomique comparative d'une part, la connaissance des facteurs morphologiques et neurophysiologiques intervenant dans la fonction masticatoire d'autre part, nous permettront d'appréhender chez l'Homme l'occlusion (au sens large) et la complexité de ses mouvements masticateurs.

Chez les Primates, l'articulation va évoluer du type primitif au type universel (DU BRUL, 1964) (49), (BUYLE-BODIN et DUBREUIL, à paraître) (30).

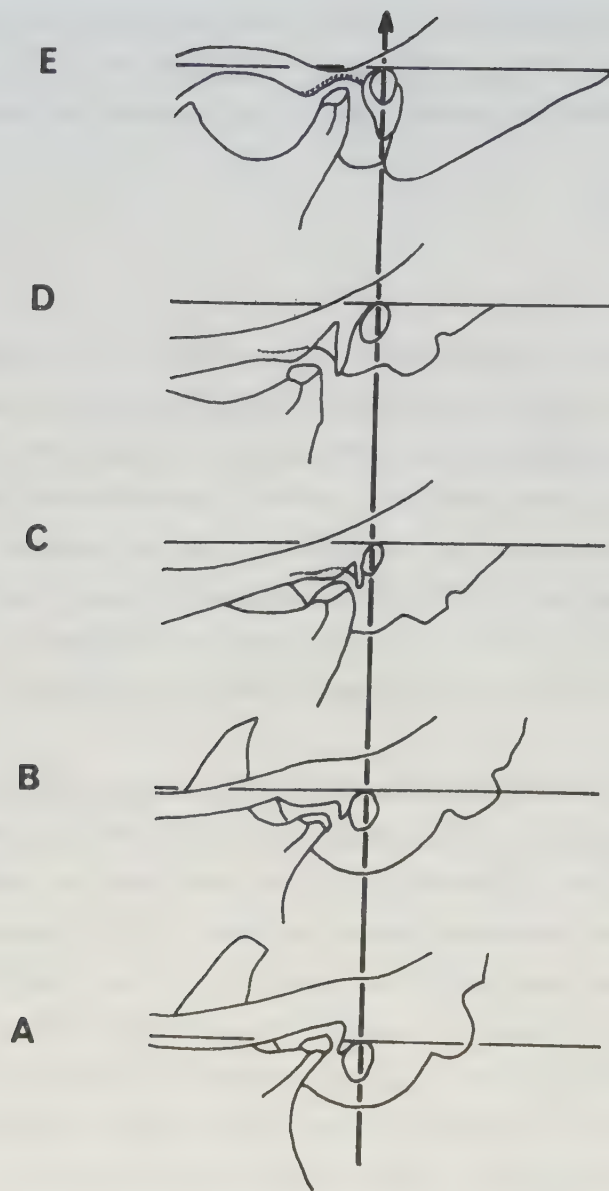


Figure 6: L'articulation temporo-mandibulaire chez les Primates (d'après DU BRUL - 1964)(49). Le plan de Francfort est considéré comme plan de reference.

Legende: A- Tupaia; B- Lemur; C- Cercopithecus;
D- Hylobates; E- Homo

2.2.1. Les Tupaidés (Cf. figure 6A)

Chez ces Prosimiens, on rencontre un type d'articulation non spécialisé, en charnière simple, proche du type synthétique ou mammalien primitif, associé à un museau important. La fosse glénoïde est allongée, le processus post-glénoïdien petit, le condyle mandibulaire cylindrique. L'articulation est située légèrement au-dessus du plan d'occlusion. La symphyse mentonnière est fibreuse. Les dents sont acérées et les mouvements orthaux (DU BRUL, 1964) (49), (MILLS, 1977) (94). La fosse mandibulaire est située au-dessus du bord supérieur du conduit auditif externe. Elle est constituée d'un plan plat, large, épais, en forme de trapèze, limité du côté antérieur par la fosse temporale et des côtés latéraux par l'écaille temporale interne, et la racine longitudinale du zygoma externe. L'angle postérieur forme le processus post-glénoïdien. Le condyle peut, dans certains mouvements favorables, se déplacer sur la surface pré-glénoïdienne. La longueur articulaire est supérieure à sa largeur.

2.2.2. Les Lemuridés et les Lorisidés (Cf. figure 6B)

La face régresse et quelques signes de différenciation apparaissent sous la forme d'un développement de l'éminence articulaire et d'une élévation de l'articulation par rapport au plan d'occlusion. Les couronnes dentaires deviennent plus hautes, plus larges. La symphyse mentonnière commence à se fusionner. La fosse mandibulaire est légèrement convexe abaissant celle-ci par rapport au plan de Francfort et au milieu du conduit auditif externe. La longueur de l'articulation est inférieure à sa largeur. Les mécanismes de transformation se déclenchent en particulier avec un accroissement de l'apophyse post-glénoïde.

2.2.3. Le type spécialisé de Daubentonia

Chez ce Primate inférieur, la tendance masticatoire de type rongeur se traduit par une convergence dentaire et articulaire associées : l'incisive est de grande taille, l'articulation est à tendance antéro-postérieure.

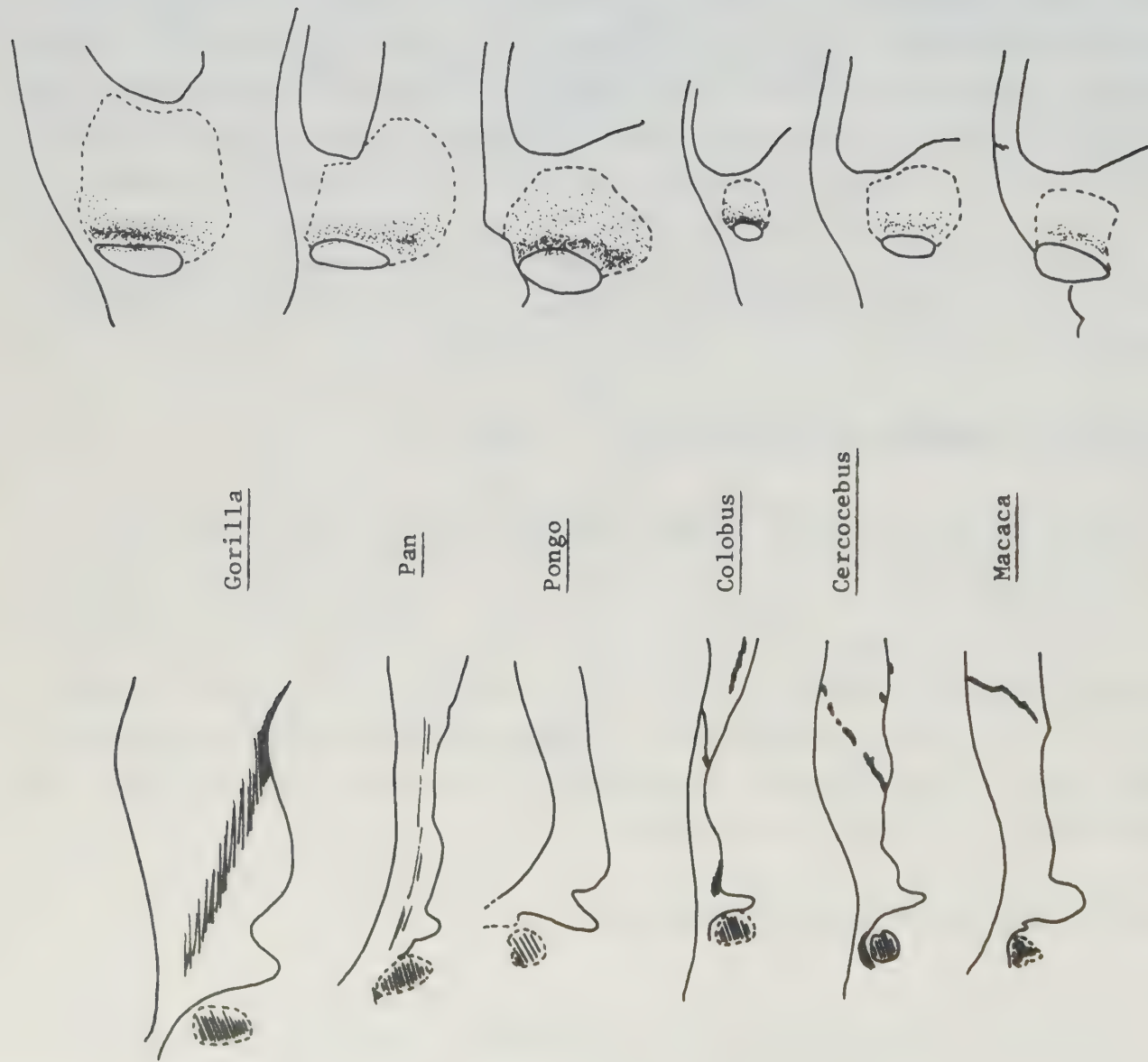


Figure 7: Vue laterale de l'arcade zygomatique (à gauche) et vue inferieure de la cavité glenoïde (à droite) chez quelques Primates superieurs (d'après DUBREUIL et BUYLE-BODIN - 1977)(46).

2.2.4. Les Primates supérieurs (Cf. figure 6C, D et E)

Chez les Cynomorphes et les Anthropomorphes, on rencontre le type universel permettant des mouvements multidirectionnels (WARD, 1974) (157). L'articulation est haute, sise au-dessus d'un ramus bien développé. L'élargissement des dents jugales et la perte progressive du bridage articulaire permettent des mouvements de broyage alimentaire transversaux et antéro-postérieurs. Néanmoins, l'amorce du développement d'une éminence articulaire et d'un processus post-glénoïdien se poursuit chez ces animaux. La fosse mandibulaire est située au niveau du bord inférieur du conduit auditif externe. La fosse articulaire devient une selle. Le mécanisme masticateur des mammifères primitifs disparaît complètement. Pourtant l'attrition dentaire persiste afin de maintenir l'aspect aigu des cuspidés dentaires.

Les Anthroïdes présentent une cavité peu profonde, un processus rétro-articulaire bien développé, une éminence articulaire peu importante. La protrusion mandibulaire sans abaissement s'explique par l'absence d'éminence articulaire de courbe d'occlusion et par une occlusion en bout à bout et une hauteur molaire postérieure importante. Le trajet condylien est donc rectiligne, sans composante verticale. DUBREUIL et BUYLE-BODIN (1977) (46), dans leur étude des rapports morphologiques des composants de l'appareil masticateur des Primates supérieurs, ont tenté de définir les caractéristiques articulaires. Ils en ont dégagé deux (Cf. figure 7) :

- . L'arcade zygomatique montre une évolution opposée des tubercules zygomatiques, le postérieur, primitif, régressant au profit de l'antérieur qui croît avec l'accentuation des courbes de l'arcade.
- . La cavité glénoïde s'approfondit au profit de la surface temporale antérieure et suit une extension latérale associée à la cérébralisation des Primates.

TOROK, en se servant de son indice condylien ($\frac{\varnothing \text{ sagittal} \times 100}{\varnothing \text{ transversal}}$) a montré que le condyle des Primates s'allonge dans le sens transversal au fur et à mesure de l'évolution. Ce fait est à relier directement à l'accroissement cérébral évolutif caractéristique des Primates (VALLOIS, 1955) (154).

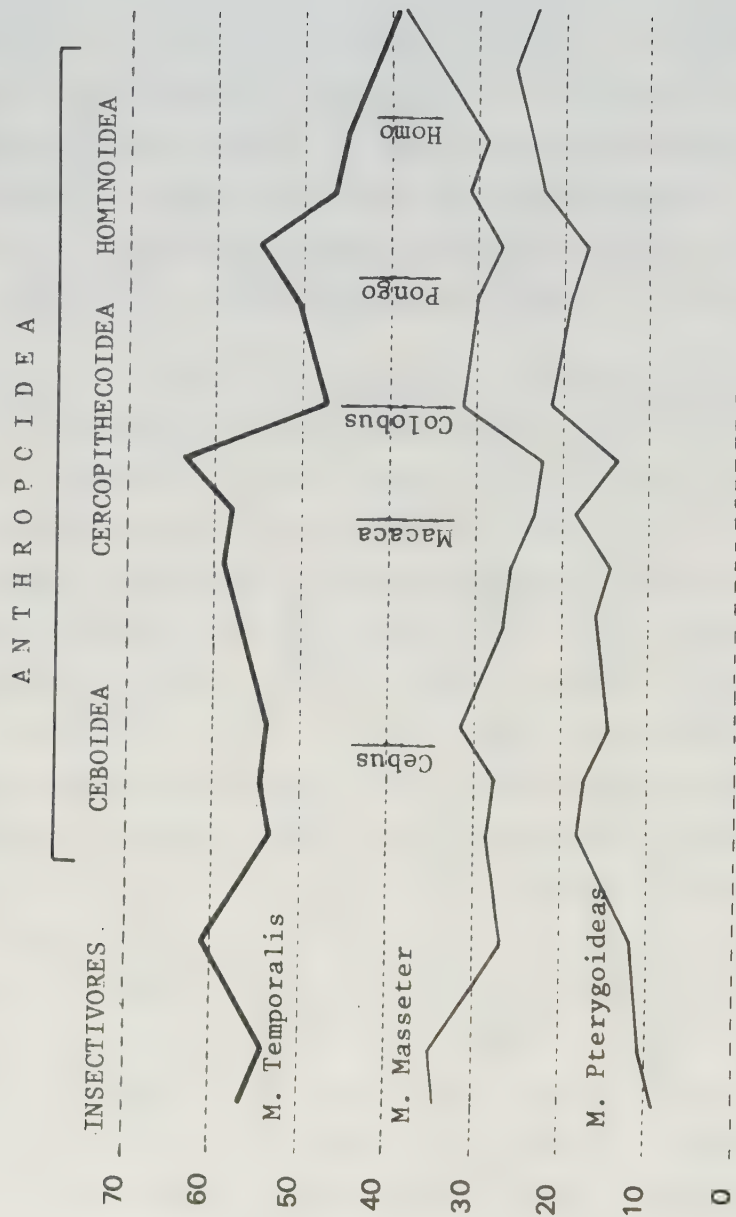


Figure 8: Graphique montrant les proportions relatives des différents groupes musculaires masticateurs (en pourcentage) pour les groupes synthétiques insectivore et primate (d'après TURNBULL-1970)(153).

La revue bibliographique de l'usure dentaire chez les Primates, réalisée par MOLNAR et WARD (1977) (101) permet de préciser les facteurs de correspondance respectifs entre les différents éléments du système stomatognathique. D'autres chercheurs ont tenté d'établir des corrélations entre l'usure dentaire, le régime alimentaire et la croissance dentaire. Il existe une relation certaine entre la perte de substance et la puissance des forces appliquées sur les dents. Cet effort va s'exercer tant sur les dents post-canines que sur les dents antérieures (en particulier les incisives), provoquant une position antérieure du condyle qui se place en contact avec l'éminence articulaire. A l'usure dentaire, accentuée par le régime alimentaire végétarien de la quasi-totalité des Primates, a succédé au cours de l'évolution, un épaississement de l'émail dentaire. Cette caractéristique augmente l'efficacité masticatoire et la vie de la dent plus résistante à l'usure. Ces critères d'opposition entre un système dentaire toujours plus résistant à l'usure et une articulation amplifiant les forces qui lui sont appliquées, jouent un rôle primordial dans l'évolution des Hominidés.

Du point de vue musculaire (Cf. figure 9), le groupe temporal est dominant ; il est suivi par le groupe masséter. Au fur et à mesure que les Primates quittent une attitude synthétique primitive de type insectivore (les Prosimiens - GASPARD, 1972) (61), pour devenir plus universels (Primates supérieurs), le groupe musculaire ptérygoïdien prend plus d'importance avec l'accroissement des mouvements de latéralité (TURNBULL, 1970) (153) (Cf. figure 8).

La cinématique mandibulaire intermédiaire entre le bridage "carnivore" et la liberté "omnivore" des Primates a été décrite par BURCH et LUNDEEN (1971) (27). Leurs études sur le macaque montrent qu'il possède une cinématique mandibulaire proche de celle de l'Homme, mais avec une amplitude tridimensionnelle réduite, due à sa morphologie masticatrice particulière, articulaire, dentaire (canine et post-canine) et musculaire (voir l'analyse bibliographique de l'importance de la canine chez les Primates in : LAUTROU et SERVIERE, 1976) (87). Ce phénomène s'explique par le fait que les Anthropomorphes pétrissent leurs aliments, réalisant ainsi un changement physique du corps ingéré. Des mouvements de faible amplitude ébranlent alors leurs dents mais soumettent à moins d'efforts leurs articulations temporo-mandibulaires que celles des mammifères primitifs à articulation de type carnivore (GASPARD, 1967) (59).

CHAPITRE 3

Articulation temporo-mandibulaire et hominisation

La morphologie cranio-faciale caractéristique des Hominidés est le résultat de la convergence de trois phénomènes (DU BRUL, 1974) (50), rassemblés sous le nom synthétique d'hominisation et définis chronologiquement comme suit :

- l'acquisition de la station érigée,
- l'expansion cérébrale,
- la régression du système masticatoire.

Ces trois facteurs et leur corollaire, la rétrognathie faciale, vont influencer de manière importante la morphologie de l'articulation temporo-mandibulaire d'Homo sapiens sapiens (BUYLE-BODIN et DUBREUIL, 1979) (29). L'hominisation doit se concevoir comme partie intégrante de l'évolution des Primates, car l'Homme conserve tout en les perfectionnant, des caractères de ce groupe. Avant d'analyser dans le détail la morphologie temporo-mandibulaire des ancêtres de l'Homme, il convient de résumer les étapes de l'hominisation et leurs conséquences sur la morphologie cranio-faciale des Hominidés.

3.1. L'HOMINISATION

Les trois éléments constitutifs de l'hominisation ont affecté la forme crânienne. Les interactions importantes de ces facteurs rendent difficile l'exposé de leur responsabilité respective. Ce sont :

3.1.1. La station érigée

Caractéristique la plus ancienne et origine de l'évolution humaine, c'est l'agent déterminant de toutes les modifications fonctionnelles. Tous les os du squelette ont été modifiés pour s'adapter à la station érigée (ENLOW, 1968) (53). La réorientation de 90° de l'axe du corps, lors du passage de la quadrupédie simienne à la bipédie hominienne, a nécessité une nouvelle adaptation de la position crânienne sur la colonne vertébrale et un sévère repositionnement du viscérocrâne par rapport au neurocrâne. Pour DELATTRE et FENART (1960) (42), la station érigée agit principalement sur la partie postérieure du crâne et secondairement sur la face.

Cette réorganisation est essentiellement liée à la balance crânienne sur les condyles occipitaux : le poids du viscerocrâne tend à faire pencher la tête en avant, mais les muscles de la nuque contrebalencent ce déséquilibre. Pour DU BRUL (1974) (50), cinq ajustements osseux sont la conséquence de ce mécanisme :

- rotation vers le bas et vers l'avant du plan nuqual, support des muscles - soutiens de la tête,
- poussée en avant du trou occipital, suivant un arc de cercle sur le crâne postérieur, et des condyles, par déplacement du basion qui est poussé en avant avec le clivus,
- brisure de la base du crâne par abaissement par rapport au basisphénoïde du basioccipital qui se met dans son prolongement (DU BRUL et LASKIN, 1961) (52).
- épanouissement de la voûte du crâne par suite de la pénétration du coin basilaire,
- rétrusion faciale.

Il convient d'ajouter à ces modifications le développement de l'apophyse mastoïde directement en rapport avec la station bipède (WEIDENREICH, 1943) (159). L'équilibre de la tête est assuré ainsi par des muscles sterno-cleïdo-mastoïdiens puissants (muscles rotateurs). Le développement de la mastoïde est proportionnel à la disparition des superstructures crâniennes, consécutive à la régression de la fonction masticatrice (torus sus-orbitaire, crêtes sagittale et nuquale - CARLSON, 1976) (32) et à la réorganisation bipédique (crête inio-mastoïdienne, puis chignon occipital et torus occipital de la ligne courbe supérieure).

3.1.2. L'expansion cérébrale

Il est actuellement certain que l'hominisation n'a pas provoqué l'expansion cérébrale mais que celle-ci est inscrite dans l'évolution des Primates, sous la forme d'un accroissement évolutif et d'un enroulement phylogénétique (VALLOIS, 1955) (154). Elle a permis le développement psychologique des Hominidés.

La cérébralisation s'est considérablement accélérée chez les Hominidés sous la poussée des facteurs favorisants que sont l'expansion cérébrale occipitale

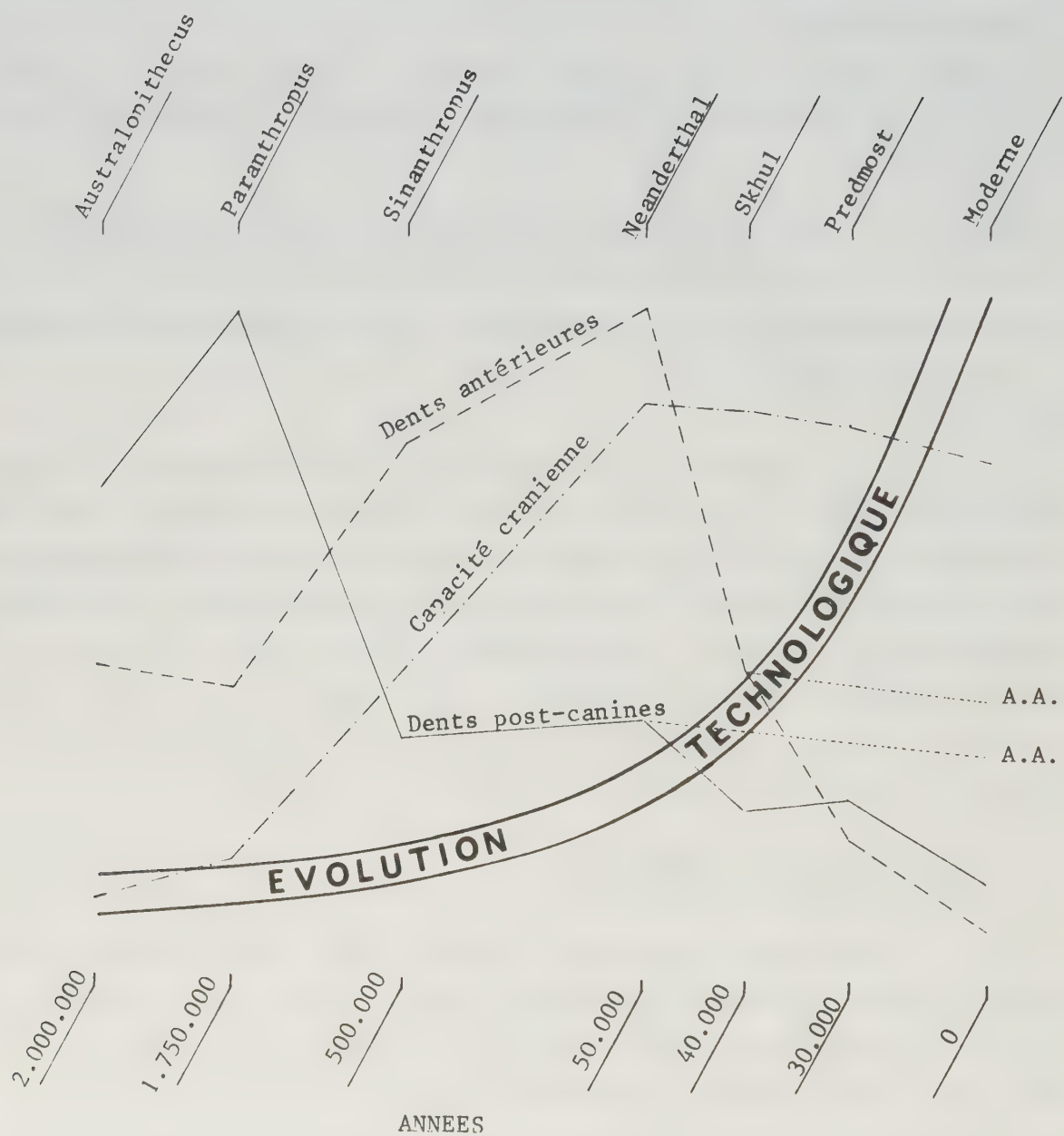


Figure 9: Regression du systeme dentaire chez les Hominidés (d'apres BRACE - 1967)(23)

Legende: A.A.: Aborigenes d'Australie.

(consécutive à la station érigée), frontale avec élaboration de la voûte crânienne et redressement de l'os frontal (consécutive à la rétrognathie faciale) et latérale (consécutive à la réorganisation musculaire masticatrice, essentiellement temporaire, entraînant un conduit auditif plus haut, un squamosal se développant vers le haut et présentant un bord supérieur convexe) (OLIVIER, 1965) (110).

Cette soufflure de la voûte crânienne modifie la position de la largeur maximale du crâne qui passe de bitemporale à bipariétale et rétrécit la base du crâne. L'expansion cérébrale provoque une sphérialisation du crâne avec comme conséquence, une disparition de la constriction post-orbitaire et une réduction de la fosse zygomatique (SAKKA, 1976) (132). Le complexe sphéno-occipital réalise l'ajustement entre l'expansion cérébrale et le facteur suivant de l'hominisation : la régression du système masticatoire. L'articulation temporo-mandibulaire, partie intégrante de la portion médiane de la base du crâne doit donc, elle aussi, participer au difficile ajustement entre deux zones de croissance différente (ENLOW, 1968) (53).

3.1.3. La régression du système masticatoire

Dernier élément de l'Hominisation, elle a été particulièrement étudiée par BRACE (1967) (23) et MOLNAR et WARD (1977) (101). L'essentiel de la régression de l'appareil masticatoire se réalise au passage d'Homo erectus à Homo sapiens (Pleistocène). A ce stade évolutif, la bipédie est acquise et le volume cérébral, définitivement stabilisé. Le mécanisme régressif se met en place et sera considérablement accéléré par la révolution que constitue le passage de l'économie de chasse - cueillette à l'économie d'agriculture (CARLSON, 1976) (32). Cette évolution économique va modifier le régime alimentaire et par conséquent les systèmes dentaire, alvéolaire et musculaire.

L'élément le plus étudié est sans conteste l'aspect fonctionnel de la dentition (Cf. figure 9). Les portions antérieures et postérieures de l'arcade dentaire ont évolué de différentes manières pour diverses raisons. Il nous faut donc considérer la fonction respective de ces deux régions : les dents antérieures sont des dents préhensibles, les dents postérieures sont broyantes :

- . La taille des dents antérieures a régulièrement augmenté depuis les premiers Hominidés jusqu'au stade Homo sapiens, puis a subi une régression constante, voire dramatique (BRACE, 1967) (23) jusqu'à nos jours. Cette régression est liée dans un premier temps à l'utilisation intensive des dents antérieures comme instruments associés aux mains ; puis avec l'évolution technologique qui leur substitue des outils plus efficaces, les dents perdent toute nécessité fonctionnelle.
- . Les dents postérieures ont subi une régression constante de leurs dimensions depuis les premiers Hominidés. Cette descente se fait en deux paliers, un correspondant à Homo erectus, l'autre à la révolution agricole.

La régression actuelle du système dentaire est due, entre autre, aux nouveaux modes de préparation alimentaire (en particulier les techniques de cuisson). Associée à cette régression, et conséquence de la bipédie et de l'expansion cérébrale, la rétrognathie de la face se réalise en respectant un élément capital chez les Mammifères : le volume des fosses nasales, principal agent de l'homéothermie (ENLOW et Mc NAMARA, 1973) (54). Celui-ci caractérisé par la normalité avec le plan criblé de l'os ethmoïde de l'axe passant par le canal palatin antérieur, est une structure invariable qui commande toute la régression de la face par action directe sur le maxillaire (AUTISSIER et BELTRAMI, 1949) (3). La mandibule s'adapte simplement à la croissance maxillaire par le cartilage condylien (ROBERTS, 1974) (128).

Le massif facial régresse sur les bords alvéolaires des mâchoires. La diminution de taille des dents entraîne une réduction en longueur de l'os alvéolaire tout en maintenant les bases osseuses en position primitive (OLIVIER, 1965) (110). La régression se fait essentiellement sur le prémaxillaire, progressivement absorbé par le maxillaire ; elle met en évidence les structures osseuses basales qui passent d'une situation primitive de retrait par rapport aux procès alvéolaires, à une situation avancée : tel est le cas de la protrusion du nez par avancée relative de l'épine nasale antérieure et des os propres du nez et du menton.

Les muscles masticateurs subissent directement les conséquences de ce remaniement osseux. C'est le mouvement d'émergence cranio-céphalique de SAKKA (1976) (132) qui traduit le désengrènement des os et des muscles. Il s'agit des muscles masséter et ptérygoïdiens et du chef antérieur du muscle temporal, dont les insertions crâniennes sont situées sur des surfaces osseuses en plein remaniement (ROBERTS, 1974)

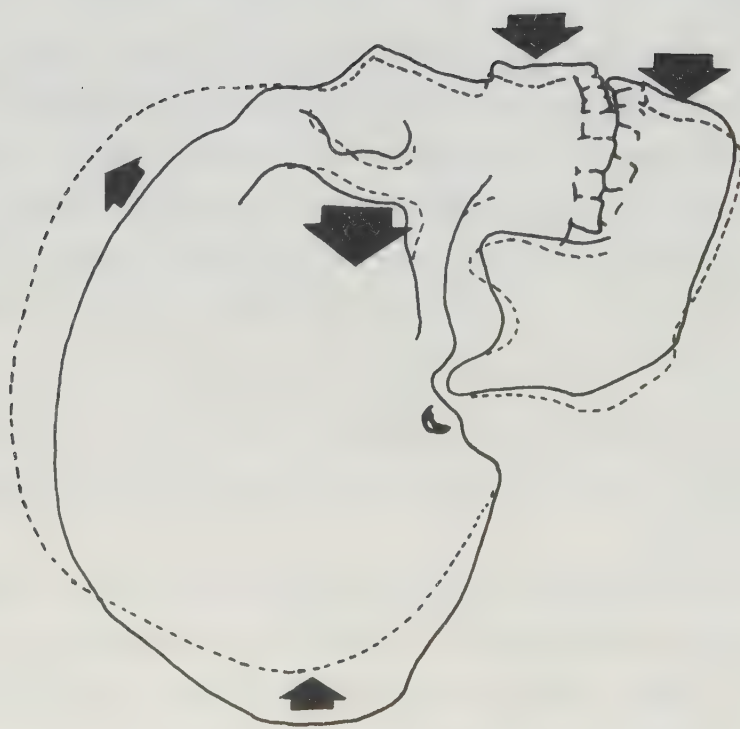


Figure 10: Schema des changements subis par les cranes nubiens étudiés par CARLSON et VAN GERVEN (1977)(33), du Mesolithique (ligne continue), à la période chrétienne (ligne discontinue).

(128), (SAKKA, 1976) (132). De plus, le déplacement antéro-postérieur des insertions musculaires (HYLANDER, 1975) (73), (WARD, 1974) (157) diminue l'efficacité masticatrice mais augmente les forces induites dans l'articulation temporo-mandibulaire lors de la mastication.

L'étude la plus synthétique de ces variations fonctionnelles consécutives à la régression masticatoire est en grande partie l'oeuvre de CARLSON et VAN GERVEN (1977) (33) (Cf. figure 10). Ces auteurs ont étudié l'évolution cranio-faciale de populations nubiennes vivant entre le Mésolithique et l'ère chrétienne (soit 10 000 ans). Chez ces populations d'Homo sapiens sapiens, les deux premiers stades de l'hominisation sont acquis : bipédisme et cérébralisation. Mais le passage de l'économie de chasse-cueillette à l'économie d'agriculture a réduit considérablement la demande fonctionnelle masticatoire et provoque des modifications cranio-faciales typiques :

- réduction de la taille des muscles masticateurs et postériorité de leurs surfaces d'insertion,
- réduction antéro-postérieure du complexe maxillo-mandibulaire associée à celle de la taille des dents,
- réduction de la longueur relative et augmentation de la hauteur relative de la voûte crânienne.

DUBREUIL et BUYLE-BODIN (1977) (46) ont étudié l'évolution des composants de l'appareil masticateur chez les Simiens et les Hominidés. Il apparaît que l'articulation temporo-mandibulaire, sise entre la cérébralisation et la régression de l'appareil masticateur, se présente comme une structure conservatrice et relativement stable. L'augmentation tridimensionnelle du volume cérébral, déplace latéralement les surfaces articulaires, associée à un élargissement postérieur des arcades dentaires et à une rotation inférieure apparente des articulations due à l'opposition existante entre l'élargissement de la cavité cérébrale et la stabilité dimensionnelle de la base du crâne (DU BRUL, 1964) (49). La régression du système masticatoire, par réduction de longueur des arcades, régression canine et réorganisation des muscles masticateurs latéraux, associe au retrait facial une gracilisation et une plicature des arcades zygomatiques, avec développement de l'éminence articulaire (POKRAS, 1977) (118). On assiste donc, avec l'hominisation, à la transforma-

tion d'une surface (articulation en ginglyme) en une cavité glénoïde (articulation ginglymo-arthrodiale), ce qui modifie radicalement la biomécanique masticatoire : la rotation condylienne modifiée en roto-translation, permet d'éviter, en ouverture buccale, la compression des structures vitales du cou (trachée, oesophage, vaisseaux) entre la partie postérieure de la mandibule et la mastoïde. Ce nouveau comportement mandibulaire est typique de la nouvelle statique crânienne consécutive à la bipédie (DUBRUL, 1964 : Etude des Primates quadrupèdes) (49).

3.2. LES HOMINIDES FOSSILES

Ramapithecus est actuellement considéré comme l'ancêtre le plus plausible des Hominidés. Ce Primate, vivant autour de 10 millions d'années avant J.C. est le premier à présenter des signes d'hominisation sous la forme d'une disparition du museau et d'un aplatissement de la face (SIMONS, 1979) (143). Malheureusement, il n'est connu que par des fragments dentaires et maxillaires. Néanmoins, il est généralement admis, compte tenu du contexte écologique (période transitoire entre un mode de vie arboricole et un mode de vie coureur), que ces Primates ont pu être temporairement bipèdes.

Nous possédons, par contre, beaucoup plus de renseignements sur la morphologie des successeurs de Ramapithecus, les Australopithèques. Deux genres et quatre espèces de Primates se partagent cette appellation (JOHANSON et WHITE, 1979) (76). Chronologiquement, on les définit comme suit :

- Australopithecus afarensis
- Australopithecus africanus (= gracile)
- Australopithecus robustus
- Homo habilis.

Le nombre important de fossiles attribués aux Australopithecus africanus et robustus et leur grande diversité morphologique ont incité la plupart des auteurs à polariser leurs études sur ces deux espèces de préférence aux deux autres plus controversées. Les études articulaires les plus remarquables des Australopithèques sont dues à DU BRUL (1974, 1977) (50) (51) (Cf. figure 11).

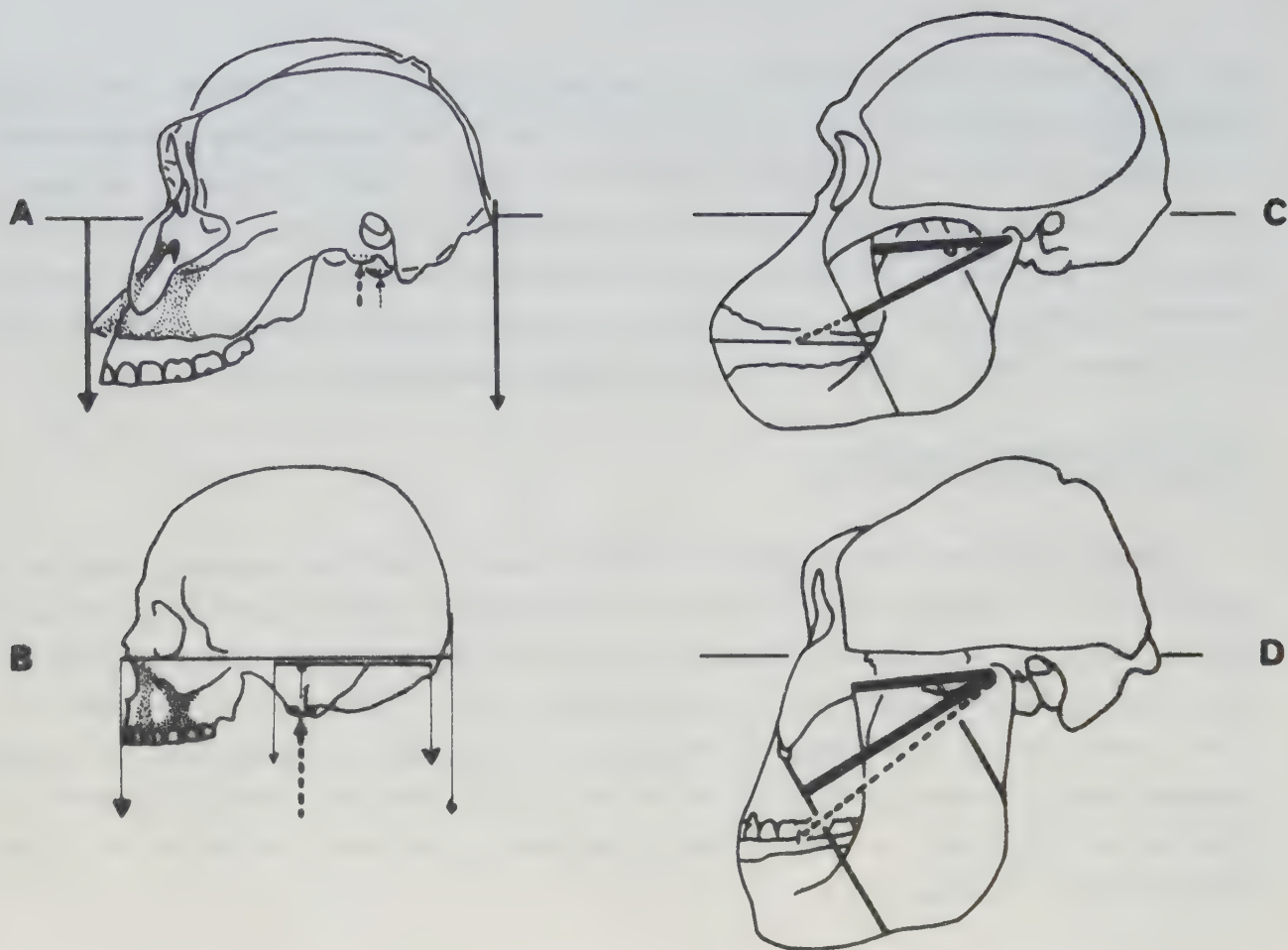


Figure 11: Caracteristiques morphologiques des Australopitheques: balance cranienne des deux especes (A) comparée a celle de l'Homme actuel (B), et representation schematique des bras de levier musculaire temporal (superieur) et masseterin (inferieur) chez *A. africanus* (C) et *A. robustus* (D). (d'après DU BRUL - 1977)(51)

La cérébralisation ne provoque aucune variation sur la morphologie cranio-faciale comparée des Australopithèques. La bipédie, par contre, entraîne des adaptations crâniennes différentes chez ces deux espèces : faibles, proches de celles généralement définies dans les critères d'hominisation, chez Australopithecus africanus, elles sont importantes chez Australopithecus robustus. Les plus grandes modifications sont liées au système masticateur :

. L'A. africanus est caractérisé par une face allongée antérieurement, immédiatement en-dessous des rebords orbitaires, armée par deux piliers, un canin et un zygomatique, délimitant une fosse canine orientée vers le trou sous-orbitaire. Les fosses temporales sont bien développées et séparées au sommet du crâne. Le ramus est moyennement haut et assure, sur le coroné, l'accrochage d'une projection tendineuse temporale interne. Cette structure cranio-faciale montre un muscle temporal bien développé et un complexe massétérin peu marqué, le tout influant sur la morphologie articulaire. La fosse glénoïde est peu profonde, ondulée, et bordée postérieurement par un long processus post-glénoïdien ; elle est parcourue par une fissure pétro-squameuse profonde. L'éminence articulaire est peu importante et se continue par un plan préglénoïdien. Du côté interne, l'éminence est bordée par une crête osseuse, le processus ento-glénoïdien, séparant l'articulation du trou ovale. Ce mur restreint fortement les possibilités de mouvement mandibulaire, mais permet l'utilisation du plan préglénoïdien. Cette morphologie est très proche de celle du gorille.

. L'A. robustus présente une face rétrognathe, très développée sur le plan inférieur. Il y a disparition du pilier canin et augmentation du pilier zygomatique. Les dents postérieures deviennent plus massives que les dents antérieures qui, elles, régressent par rapport à celles de l'A. africanus. L'arcade zygomatique est massive, très développée vers l'extérieur (SAKKA, 1976) (132), caractéristique d'un système massétérin puissant (RAK, 1978) (124) et associée à une crête sagittale spécifique d'un muscle temporal développé (WOLPOFF, 1974) (160). Le condyle est situé très haut par rapport à l'arcade dentaire. La fosse glénoïde est profonde et bordée par un petit processus post-glénoïdien. En avant de l'éminence articulaire, la fosse temporale, sans plan préglénoïdien. Du côté interne pas de mur, mais plutôt un plan interne permettant des déplacements latéraux de la mandibule. Une telle architecture est proche de celle de l'homme actuel.

	GORILLE	A. africanus	A. robustus	HOMME
Profondeur de la fosse glenoïde	marquée	marquée	très marquée	très marquée
Processus post-glenoïdien	très marqué	très marqué	marqué	marqué
Eminence articulaire	marquée	marquée	très marquée	très marquée
Plan pre-glenoïdien	long	long	absent	moyen
Tubercule zygomatique antérieur	marqué	marqué	très marqué	très marqué
Processus ento-glenoïdien	très marqué	très marqué	marqué	marqué
Position du trou ovale par rapport au processus ento-glenoïdien		antérieure	interne	antérieure
Position de l'aile pterygoïdienne externe par rapport au trou ovale		antérieure	postérieure	antérieure

Tableau 1: Caractéristiques de l'articulation temporo-mandibulaire chez les Australopitèques et comparaison avec le Gorille et l'Homme (d'après DU BRUL -1977)(51)

Les différentes caractéristiques articulaires sont résumées dans le tableau I. On distingue donc deux formes de structures masticatoires typiques d'un mode alimentaire différent : *A. africanus* probablement omnivore, *A. robustus*, plutôt herbivore. Par la suite, Homo sapiens omnivore et herbivore, a une articulation adaptée à ces deux modes alimentaires.

L'évolution morphologique de l'articulation temporo-mandibulaire de *H. erectus* à *H. sapiens* a été analysée en 1979 par BUYLE-BODIN et DUBREUIL (29) (Cf. tableau II). Malgré l'insuffisance des définitions taxinomiques des fossiles étudiés, il apparaît que, passé le stade australopithèque avec la consolidation de la cérébralisation et de la bipédie, les composantes articulaires sont presque totalement établies pour la lignée humaine. La réorganisation masticatoire, par sa pression évolutive, influe essentiellement la surface temporale, le condyle mandibulaire assurant un rôle accommodateur. De l'Australopithèque à la jonction *H. erectus* - *H. sapiens*, le tubercule post-glénoïde régresse, et conséquence de la réorganisation occipitale, l'os tympanique se verticalise. *H. sapiens* se caractérise par une radicalisation de l'approfondissement glénoïdien par plicature du zygoma et latéralisation progressive.

Signalons cependant que cette ligne évolutive sera momentanément interrompue par l'impasse représentée par *H. sapiens néanderthalensis* (HOWELLS, 1974).

CARACTERES ETUDIES SPECIMENS ETUDIES (1)	MANDIBULE			SURFACE TEMPORALE						
	Spécimens étudiés	Vue postérieure du condyle	Etirement du col condylien en vue latérale	Spécimens étudiés	Vue latérale			Vue inférieure		
					Tubercule post-glénodien	Profondeur de la cavité glénoïde	Tubérosité articulaire antérieure	Rapport entre les surfaces de la cavité glénoïde et de la racine transverse du zygomat	Position du tympanal	Latéralisation de la surface articulaire
Homme actuel	X		++	X	-	++	++	CG > TZ	V	↑
Homme de BROKEN HILL				X	+	++	+	CG > TZ	V	
Homme de LA FERRASSIE				X	++	-	-	CG > TZ	O	
Homme de SKUHL	X		++	X	-	+	+	CG = TZ	V	
Homme de MONTMAURIN	X		+							
Homme de MAUER	X		-							
Sinanthrope	X		-	X	-	+	+	CG > TZ	O	
Australopitheque gracile (STERKFONTEIN)				X	+	+	+	CG = TZ	O	
Australopitheque robuste: (PENINJ) (OLDOWAY)	X		-	X	+	++	++	CG >> TZ	O	
		(2)	(3)		(3)	(3) (4)	(3) (4)	(5)	(7)	(6)

Tableau 2: Caracteristiques morphologiques de l'articulation temporo-mandibulaire chez les Hominidés (d'après BUYLE-BODIN et DUBREUIL - 1979)(29).

- Légende:
- la classification des specimens étudiés est purement chronologique;
 - l'extrême diversité des formes condyliennes ne permet de retenir aucun caractère évolutif valable;
 - caractère peu marqué (-), marqué (+) ou accentué (++);
 - le rapport étroit entre l'accentuation de la profondeur glénoïde et l'augmentation du tubercule zygomatique antérieur convient d'être noté;
 - cavité glénoïde (CG) égale (:), supérieure(>) ou très supérieure (>>) à la surface fonctionnelle sous-temporale (TZ).
 - latéralisation constante de la cavité glénoïde, hormis chez l'Homme de LA FERRASSIE;
 - O: os tympanique oblique, V: os tympanique vertical.

CHAPITRE 4

Embryologie de l'articulation temporo-mandibulaire

Au cours de son évolution embryologique, l'articulation temporo-mandibulaire se présente comme une structure différente des autres articulations de l'organisme. Celles-ci ont une embryogénèse définie par trois éléments :

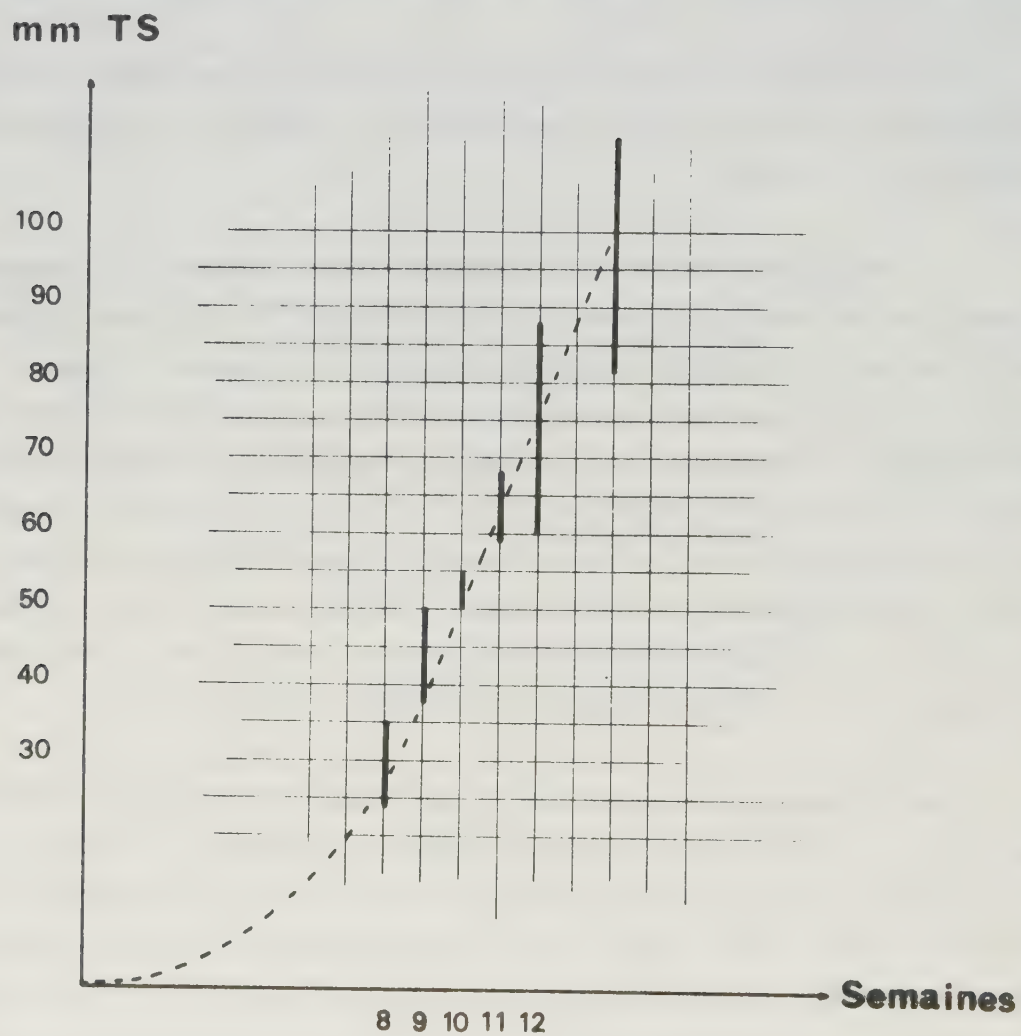
- des préformes cartilagineuses,
- un développement simultané des deux surfaces articulaires antagonistes et ceci, en l'absence de tout stimulus, mécanique ou autre,
- une genèse achevée à la septième semaine in utero (SPERBER, 1973) (147).

Les études embryologiques ont montré que ces trois règles uniformisant le développement articulaire sont inapplicables au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire. En effet :

. Le condyle mandibulaire se présente comme le cartilage secondaire d'un os de membrane (la mandibule) induit à distance par un cartilage primaire (le cartilage de Meckel). La cavité glénoïde, quant à elle, apparaît comme une structure osseuse d'origine purement membranaire. Cette particularité embryologique est à rapprocher de la "jeunesse" évolutive de l'articulation temporo-mandibulaire ; la réelle articulation des mâchoires, dans le sens de l'orthodoxie embryologique, devant être retrouvée dans la zone d'ossification endochondrale des vestiges dorsaux du cartilage de Meckel, en l'occurrence, l'articulation incus-malleus (DOYLE, 1977) (45). Celle-ci est fonctionnelle sous la forme articulation des mâchoires pendant une partie de la vie embryonnaire (VAN DONGEN, 1976) (156).

. Deux blastèmes, un condylien et un temporal, évoluant différemment dans le temps (l'un après l'autre) et dans l'espace obliquement l'un vers l'autre. Ce dynamisme des structures articulaires se reflète dans la cavitation articulaire. VAN DONGEN (1974) (155) rappelle que des facteurs intrinsèques déterminent la formation articulaire mais que l'activité musculaire assurant une mobilité des pièces embryonnaires est nécessaire au maintien de la cavitation. Toute immobilisation de l'articulation foetale entraîne une fusion articulaire (SPERBER, 1973) (147).

. La période de développement est comprise entre la 8e et la 12e semaine in utero (IU). Cependant, passé le 3e mois IU, l'articulation temporo-mandibulaire subit les mêmes lois embryonnaires que le reste de l'organisme, c'est-à-dire celles qui régissent la croissance des organes embryonnaires.



Graphique 1: Tableau de correspondance entre les travaux embryologiques en semaines I.U. et en mm TS.

Les études embryologiques de l'articulation temporo-mandibulaire sont récentes (depuis 1960) et il est difficile de comparer les différents travaux. Ces difficultés tiennent essentiellement à trois raisons :

- manque de standardisation dans l'évaluation de l'âge de l'embryon choisi : du fait de l'incertitude des dates d'ovulation ou de conception, il convient de comparer les travaux "quantifiés" en semaines IU avec ceux "quantifiés" en distance de la tête au siège (mm TS) (Cf. graphique 1).
- manque de standardisation des coupes histologiques.
- nombreuses variations individuelles des embryons passé le 3e mois IU.

L'embryologie de l'articulation temporo-mandibulaire peut se diviser comme suit (BAUME, 1963) (9) :

. Une période embryogénétique échelonnée de la 8e à la 12e semaine IU, caractérisée par l'évolution des deux blastèmes :

- le blastème condylien, à évolution postérieure et dorsale, se développant aux dépens de la condensation mésenchymateuse située entre le cartilage de Meckel et l'os temporal, et donnant naissance au condyle osseux, au cartilage condylien, aux éléments capsulaires de la cavité articulaire inférieure, à l'aponévrose du muscle ptérygoïdien externe et à la plus grande partie du ménisque articulaire.
- le blastème temporal, à évolution antérieure, donnant naissance à la cavité glénoïde, à la cavité articulaire supérieure et au reste du ménisque.

. Une période de croissance embryonnaire, de la 14e semaine IU à la naissance, caractérisée par une ossification enchondrale du condyle, à direction dorso-latérale et par une croissance de l'os temporal en direction ventro-médiane.

Les revues bibliographiques les plus importantes à consulter sont celles de BAUME (1965) (10), SPERBER (1973) (147), MOFFETT (1974) (97) et CHRISTENSEN (1975) (38).

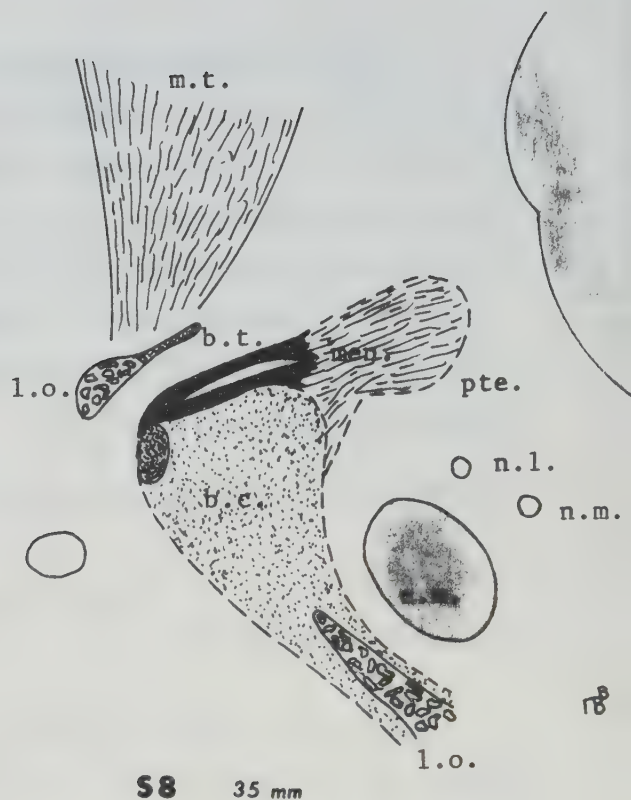
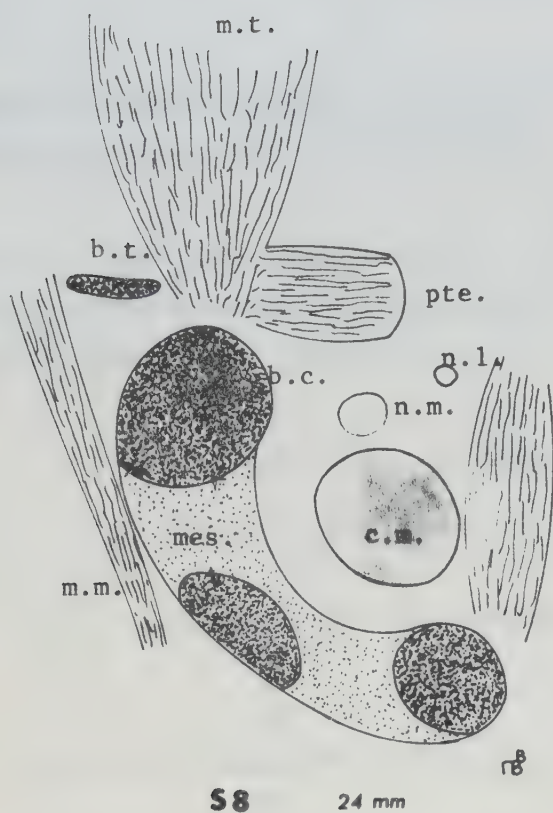


Figure 12: Schémas de coupes histologiques de l'articulation temporo-mandibulaire à la 8^e semaine I.U. (grossissement x36) (d'après BAUME - 1965)(10).

Legende:

- b.c.: blasteme condylien
- b.t.: blasteme temporal
- c.m.: cartilage de Meckel
- m.m.: muscle masseter
- men.: futur menisque
- mes.: mesenchyme en differenciation
- l.o.: lame osteoide
- n.l.: nerf lingual
- n.m.: nerf mandibulaire
- pte.: muscle pterygoidien externe
- m.t.: muscle temporal

4.1. EMBRYOGENESE

4.1.1. 8e semaine I.U. (24 - 35 mm TS) (Cf. figure 12)

. 24 mm :

Le blastème condylien est le premier à apparaître sous la forme d'une condensation mésodermique, à l'extrémité dorsale de l'os dentaire, constitutif de la mandibule au voisinage de la fusion des ébauches des muscles ptérygoïdiens externe et temporal (dont la formation précède celle de l'articulation), au-dessus du cartilage de Meckel, à la bifurcation des nerfs lingual et mandibulaire. Ce blastème s'arme progressivement d'une lame ostéoïde provenant du dentaire et évolue en direction dorsale (BAUME, 1965) (10), (YUODELIS, 1966) (162). Il s'enrobe de cellules mésenchymateuses en liaison, dans sa partie supérieure, avec l'aponévrose immature du muscle ptérygoïdien externe.

A ce stade, le blastème temporal commence à s'ébaucher sous la forme d'une bande de cellules mésodermiques condensées, s'étendant des ébauches du muscle masséter aux ébauches du muscle temporal. Cette structure horizontale préfigure le futur zygoma. Le blastème évolue entre l'articulation incus-malleus et l'ébauche du muscle temporal, s'étendant à la fois vers l'avant et vers l'intérieur (BAUME et HOLZ, 1970) (13).

Du tissu mésenchymateux s'étend au-dessus du chef supérieur du muscle ptérygoïdien externe. Ce mésenchyme est séparé du processus zygomatique par des cellules espacées qui formeront par la suite la cavité synoviale supérieure. Cette masse de mésenchyme est l'ébauche du disque articulaire.

. 32 mm :

A ce stade, le blastème condylien est bien défini, compris entre les ébauches supérieures et inférieures du muscle ptérygoïdien externe. A la base de ce blastème temporal apparaissent des signes d'ostéogénèse alors que commence la formation du squamosal (BAUME et HOLZ, 1970) (13).

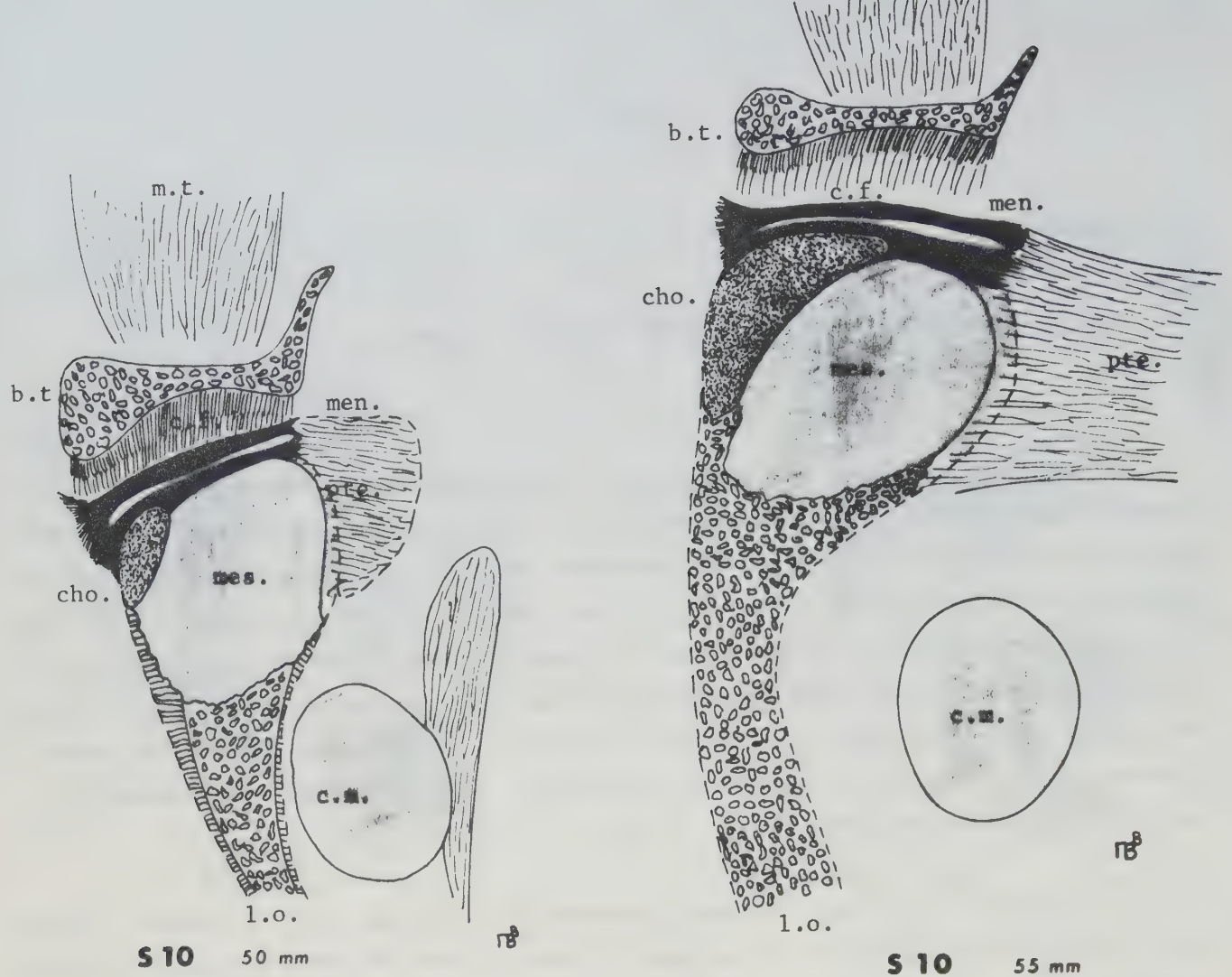


Figure 13: Schemas de coupes histologiques de l'articulation temporo-mandibulaire à la 10^e semaine I.U. (grossissement x36) (d'après BAUME- 1965)(10).

Legende: b.t.: blasteme temporal
c.f.: condensation fibreuse
cho.: chondrification
c.m.: cartilage de Meckel
men.: menisque
mes.: mesenchyme en differenciation
m.t.: muscle temporal
l.o.: lame osteoide
pte.: muscle pterygoidien externe

. 35 mm :

A la fin de la 8e semaine, du côté mandibulaire, la croissance dorsale du blastème condylien atteint son maximum ; du côté temporal, l'extension osseuse du squamosal se développe en direction du conduit auditif externe. Le tissu intermédiaire entre les deux blastèmes se différencie en une couche de tissu fibreux dense, le futur ménisque.

4.1.2. 9e semaine IU (38 - 50 mm TS)

Au cours de cette semaine, le processus explosif de la semaine précédente se stabilise. Aucune progression du blastème temporal, légère croissance dorsale du blastème condylien et de son axe osseux : telles sont, résumées, les évolutions de la 9e semaine (FURSTMAN, 1963) (58).

. 50 mm :

A la fin de cette 9e semaine, les processus embryonnaires reprennent. Le condyle apparaît comme l'élément primordial de la zone articulaire. Il est composé de tissu mésenchymateux et recouvert d'une couche superficielle de tissu fibreux. Le futur centre de chondrogénèse est représenté par une condensation de cellules mésodermiques sur la face latéro-supérieure du condyle (BAUME, 1965) (10).

Le blastème temporal devient plus actif avec la formation d'une lame osseuse horizontale qui se déplace antérieurement en direction de l'extrémité dorsale du blastème condylien. L'extension du squamosal en direction supérieure se poursuit (BAUME et HOLZ, 1970) (13).

Le chef inférieur du muscle ptérygoïdien externe s'étend dans le blastème condylien alors que la région antérieure du ménisque commence à se différencier au contact du chef supérieur.

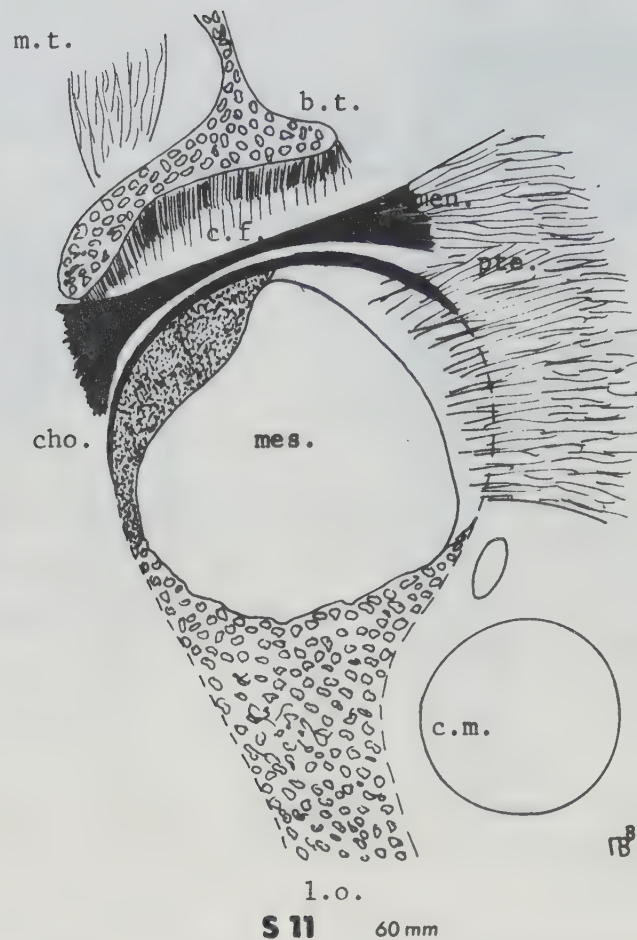


Figure 14: Schema de coupe histologique de l'articulation temporo-mandibulaire à la 11^e semaine I.U. (grossissement x36) (d'après BAUME - 1965)(10).

Legende: b.t.: blasteme temporal
 c.f.: condensation fibreuse
 cho.: chondrification
 c.m.: cartilage de Meckel
 men.: menisque
 mes.: mesenchyme en differenciation
 m.t.: muscle temporal
 l.o.: lame osteoide
 pte.: muscle pterygoidien externe

4.1.3. 10e semaine IU (55 mm TS) (Cf. figure 13)

La tête condylienne se développe de manière importante en direction interne et est recouverte par une masse de cellules mésodermiques indifférenciées. Ce chapeau fibreux reste lâche par rapport aux structures sous-jacentes. Le centre de chondrogénèse continue à se développer à l'intérieur du noyau mésenchymateux. L'ossification membraneuse se poursuit à l'intérieur du condyle. Une matrice ostéoïde se réalise autour du coeur cartilagineux en l'enrobant, sauf au niveau de sa partie supérieure qui se différencie en couche fibreuse dense (YUODELIS, 1966) (162).

Le blastème temporal devient plus actif, aussi bien au niveau des lames osseuses verticales (squamosal) qu'au niveau des horizontales (zygoma) (BAUME et HOLZ, 1970) (13).

Du fait du rapprochement des blastèmes temporal et condylien et de l'extension volumétrique des pièces articulaires, on assiste à un amincissement articulaire, puis à une condensation fibreuse des tissus intra-articulaires. Le ménisque se différencie dans sa portion médiane puis postérieure. La cavitation de l'articulation inférieure se réalise, évoluant d'avant en arrière et de dedans en dehors.

4.1.4. 11e semaine IU (60 mm TS) (Cf. figure 14)

La maturation cartilagineuse du condyle se poursuit à partir du centre latéro-supérieur, toujours très proliférant. A la base du condyle, la substance ostéoïde périphérique se transforme en devenant périostique. L'ossification est particulièrement importante autour des éléments tendineux du muscle ptérygoïdien externe.

Le blastème temporal poursuit son ossification antérieure et on assiste au début de la différenciation des éléments constitutifs de la cavité articulaire supérieure.



S 12

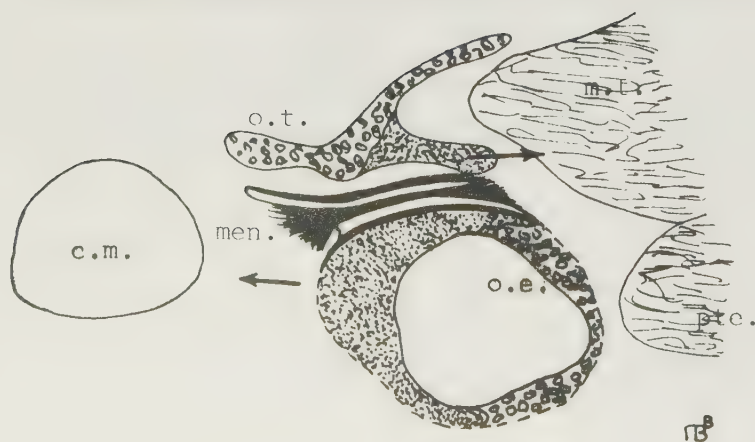
72mm

Figure 15: Schemas de coupes histologiques de l'articulation temporo-mandibulaire à la 12^e semaine I.U. (grossissement x36) (d'après BAUME 1969)(12).

Schema ci-contre: coupe sagittale; schema ci-dessous: coupe horizontale, montrant le déplacement relatif des deux blastemes.

Legende:

- c.a.: cavite articulaire
- c.m.: cartilage de Mecke
- men.: menisque
- m.t.: muscle temporal
- o.e.: ossification en-
- chondrale
- o.m.: ossification man-
- dibulaire
- o.t.: ossification tem-
- porale
- pte.: muscle pterygoidie
- externe



S 12

75mm

4.1.5. 12e semaine IU (72 mm TS) (Cf. figure 15)

Le condyle est entièrement chondrifié et les zones les plus âgées subissent une calcification au voisinage des capillaires périostés : c'est le début de l'ossification enchondrale. Elle se réalise sous la forme d'une collerette périchondrale équivalente à celle qui existe au niveau des cartilages épiphysaires des os longs. Cette analogie de forme se doublera ultérieurement d'une analogie de fonction. La croissance en haut, en arrière et vers l'extérieur se poursuit (VAN DONGEN, 1974) (155). Les trabécules osseuses, bien différenciées, sont visibles au niveau de l'insertion du muscle ptérygoïdien externe (PROVENZA, 1972) (120).

L'ossification membraneuse de l'os temporal se poursuit rapidement. Elle passe temporairement, dans la portion antérieure de l'os, par un stade cartilagineux caractéristique d'une ossification trop rapide. La croissance condylienne entraîne l'élongation du mur interne de la cavité glénoïde.

A ce stade, les deux cavités articulaires finissent de se former. Les structures articulaires condylienne et glénoïde, après une évolution opposée, se rencontrent, donnant ainsi une identité à la membrane dense du ménisque qui sépare les deux cavités articulaires. Pourtant, du fait du décalage dans le temps, la cavité articulaire supérieure reste plus étroite que la cavité inférieure.

4.2. CROISSANCE

Cette deuxième phase embryologique débute au 4e mois. Elle est caractérisée par le développement rapide des structures en place, en particulier au 5e mois, et par la résorption progressive du tuteur meckelien (hormis ses structures dorsales) (FURSTMAN, 1963) (58), (BAUME, 1965) (10).

L'ossification endochondrale condylienne s'effectue par croissance appositionnelle de cartilage et ossification interstitielle. Cette ossification endochondrale est induite par des capillaires périostés périchondraux qui pénètrent dans le cartilage par la base du condyle et évoluent en direction supérieure (BAUME, 1963) (9). Le condyle continue à croître en particulier en direction dorsale, assurant ainsi l'élongation du ramus.

Les éléments temporaux évoluent par des processus d'ossification membraneuse. Des spicules osseux internes et externes sont observés au-dessus du disque articulaire. Ceux-ci vont se rassembler pour former la cavité glénoïde. La croissance temporale se fait en direction antérieure et interne et commence à dessiner l'émminence articulaire par activité ostéogénique accélérée. En fin de croissance, la morphologie glénoïdienne est sous-jacente, formée de l'émminence articulaire, de la fosse glénoïde, du processus post-glénoïdien et de structures peu marquées mais différenciées. L'ossification du rocher et de l'os tympanique se réalise vers la 22e semaine IU, formant ainsi la fissure pétro-tympanique (BAUME et HOLZ, 1970) (13).

4.3. RESUME

L'analyse embryologique de l'articulation temporo-mandibulaire est très importante ; en effet, on a pu observer que :

- . Cette articulation, par son aspect phylogénétiquement récent, s'oppose à celle des mâchoires primitives malleus-incus.
- . Les modalités embryogénétiques consécutives à cette particularité évolutive caractérisent l'articulation temporo-mandibulaire par rapport aux autres articulations.
- . Le condyle mandibulaire se présente comme une boule de tissu qui subit une chondrification, puis, secondairement, une ostéogénèse endochondrale permettant ainsi de considérer le cartilage condylien comme un centre de croissance squelettique susceptible de croître interstitiellement et de s'ossifier à la demande.
- . la cavité glénoïde se présente comme une structure ossifiée d'origine membraneuse, avec d'étroites capacités d'adaptation réalisant sa croissance par opposition. Cette structure paraît assez figée par rapport à un condyle hautement dynamique.
- . Les deux pièces articulaires se déplacent l'une vers l'autre. Ce déplacement est essentiel à la différenciation des tissus intra-articulaires. Mais il semble que tout se passe comme si le condyle se déplaçait à la rencontre de la cavité glénoïde, celle-ci suivant un chemin prédéterminé par des facteurs intrinsèques (VAN DONGEN, 1976) (156).

CHAPITRE 5

Croissance post-natale de l'articulation temporo-mandibulaire

C'est au cours de la croissance post-natale et jusqu'à l'âge adulte que les surfaces articulaires temporale et mandibulaire se différencient morphologiquement. La première structure, partie intégrante de la base du crâne, apparaît relativement statique dans la croissance cranio-faciale. En effet, elle ne possède pas de croissance propre mais suit seulement celle de la partie moyenne de la base du crâne. La seconde structure, très dynamique, est composée d'un cartilage de croissance qui subit de manière constante les influences du milieu et les adaptations fonctionnelles.

Une telle différence s'explique par la séparation des mécanismes cyto-physiologiques de la croissance post-natale cranio-faciale mammalienne :

. Au niveau du crâne se trouvent les cartilages de conjugaison (la synchondrose sphéno-occipitale et les cartilages de la cloison nasale) issus de structures primaires à matrice cartilagineuse. Les facteurs contrôlant la croissance de cette zone ont été définis par LIMBORGH (1970) en :

- facteurs génétiques intrinsèques (++++),
- facteurs épigénétiques généraux, essentiellement hormonaux (+),
- facteurs environnementaux généraux, dépendant principalement de l'environnement somatique individuel (+).

. Au niveau mandibulaire, le cartilage condylien, de type secondaire, issu d'une matrice membraneuse. LIMBORGH (1970) (88) définit les facteurs de contrôle suivants :

- facteurs épigénétiques locaux, sous la forme d'ajustements engendrés par une structure voisine (essentiellement musculaire) (++++),
- facteurs environnementaux locaux (+++),
- facteurs épigénétiques généraux (+),
- facteurs environnementaux généraux (+).

Seul le cartilage intervient dans la croissance mandibulaire. L'os d'apposition, apparaissant chez l'adulte à la suite d'action de remodelage, ne produit que des changements locaux. Il ne modifie jamais la croissance mandibulaire (PESKIN et LASKIN, 1965) (112).

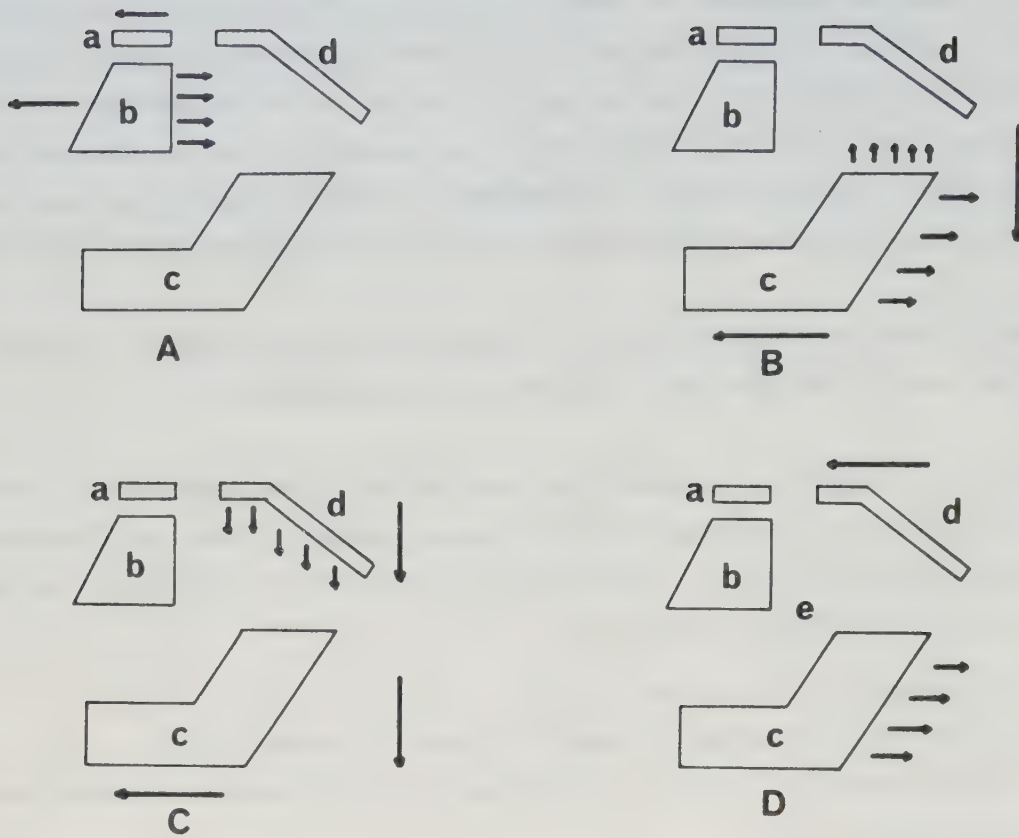


Figure 16: Les principaux stades de la croissance faciale
(d'après ENLOW et MOYERS - 1971)(55)

- A- Premier stade
- B- Second stade
- C- Troisième stade
- D- Quatrième stade

Legende:

- a- Fosse antérieure de la base du crane
- b- Maxillaire supérieur
- c- Ramus mandibulaire
- d- Fosse cérébrale moyenne
- e- Pharynx

BAUME, en 1969 (12), différencie biologiquement de manière stricte, les cartilages de la base du crâne et le cartilage condylien. Il dénombre cinq différences :

- origine embryologique (les premiers provenant d'une matrice cartilagineuse, le second d'une chondrification membranaire),
- mode de croissance (interstitiel pour les premiers, périphérique pour le second),
- maturation osseuse (ossification secondaire pour les premiers, absence de maturation pour le second),
- contrôle hormonal marqué pour les premiers,
- réponse importante aux stimuli mécaniques pour le second.

La croissance faciale a été particulièrement étudiée par ENLOW et MOYERS (1971) (55). Ces auteurs signalent d'importantes corrélations entre les différents éléments du système masticateur, au cours de cette croissance. Ils les définissent schématiquement par les stades suivants (Cf. figure 16) :

. Premier stade du mécanisme : le déplacement antéro-postérieur du maxillaire supérieur par conjugaison de deux facteurs :

- apposition sur la face postérieure,
- élongation de la fosse antérieure de la base du crâne dont il dépend (synchondrose présphénoïdale, cartilage ethmoïdien) (BAUME, 1968).

. Second stade : le repositionnement du cartilage mandibulaire par croissance postérieure et supérieure et maintien de la hauteur du ramus par élongation mandibulaire en bas en en avant.

. Au troisième stade, l'élongation mandibulaire est activée par l'apposition exo-crânienne de la fosse cérébrale moyenne dont l'articulation temporo-mandibulaire est le plancher (ENLOW et MAC NAMARA, 1973) (54).

. Puis, l'alignement antéro-postérieur de la partie médiane de la base du crâne (région sphéno-occipitale) correspond de manière étroite au maintien du volume de la région pharyngienne et est compensé au niveau mandibulaire par une apposition osseuse sur la face postérieure de la branche montante.

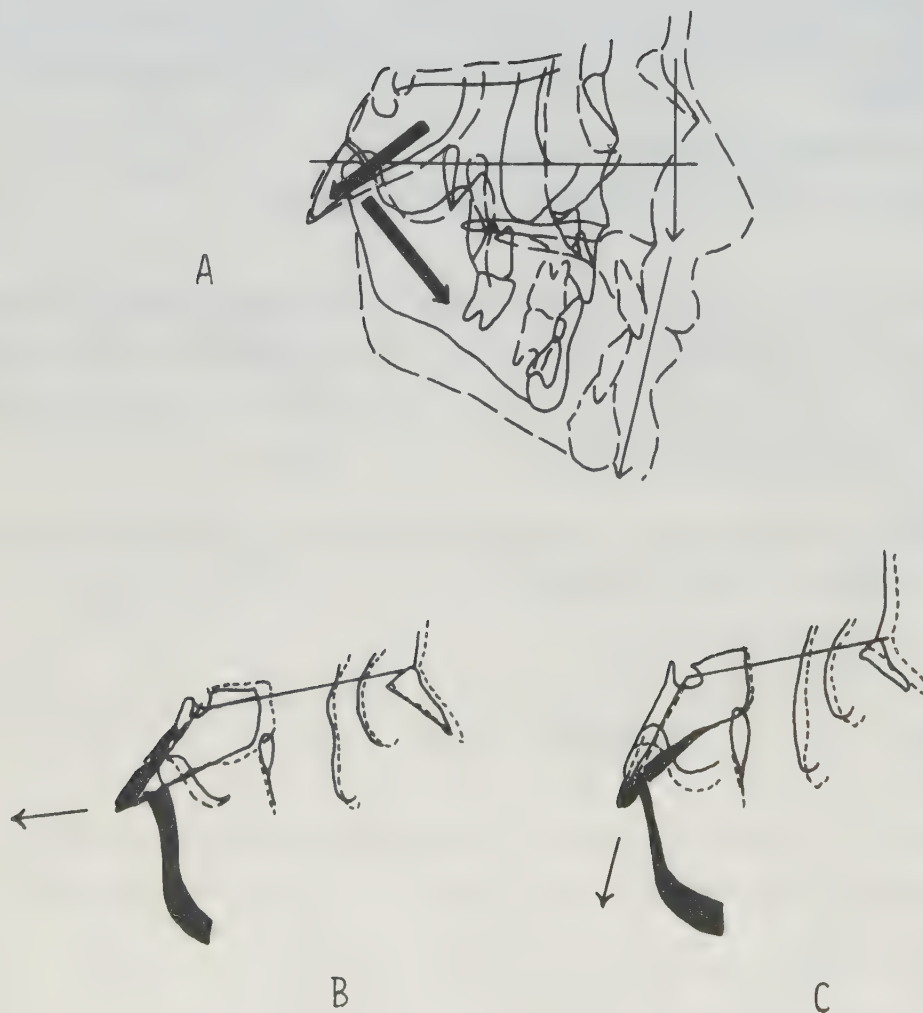


Figure 17: Croissance post-natale de la surface temporale.
 A- Schematisation de la croissance opposé des deux surfaces articulaires (d'après MITANI - 1973)(96)
 B et C- Changement de croissance articulaire superieure selon l'angulation de la base du crane (d'après RICKETTS - 1955)(127).

. Enfin, le condyle mandibulaire assure l'ajustement entre les surfaces occlusales maxillaires et mandibulaires.

Nous allons maintenant définir ces différences et montrer à la fois l'antagonisme et l'adaptation fonctionnelle des deux parties de l'articulation temporo-mandibulaire.

5.1. CROISSANCE POST-NATALE DE LA SURFACE TEMPORALE (Cf. figure 17)

Le côté temporal de l'articulation temporo-mandibulaire est partie intégrante de la base du crâne et de même croissance. Cette croissance est influencée par les développements cérébral du neurocrâne et somatique du squelette facial (MOORE et LAVELLE, 1974) (103). La fosse glénoïde progresse légèrement vers le bas et l'arrière de la base du crâne. Ses modifications dimensionnelles réduites prouvent sa relative stabilité positionnelle (caractéristique cohérente à son évolution phylogénétique) par rapport à sa surface articulaire mandibulaire opposée.

Dans le sens transversal, le remodelage de la fosse cérébrale moyenne procède d'une résorption interne et d'une apposition externe (MOORE et LAVELLE, 1974) (103). La base du crâne se déplace vers le bas et favorise l'élargissement cérébral. Seule structure voisine, à croissance opposée, le rocher, assurant le partage entre les fosses crâniennes postérieure et médiane, s'ossifie de manière endocrânienne.

Dans le sens antéro-postérieur, la croissance de la base du crâne se réalise au niveau de la synchondrose sphéno-occipitale et étire le clivus vers l'arrière et le bas (BJORK, 1947, 1955) (16) (17). Ainsi, les parois latérales du crâne (en l'occurrence l'os temporal) et donc la cavité glénoïde, subissent une élongation dorsale. Selon la nature de l'angulation sphénoïdale, la croissance de la cavité glénoïde est plus ou moins influencée vers le sens postérieur ou inférieur (RICKETTS, 1955) (127) : à angle obtus, mouvement glénoïdien vers l'arrière ; à angle aigu, mouvement glénoïdien vers le bas.

L'association du déplacement externe et postérieur de la fosse médiane du crâne provoque une rotation de la base autour de la selle turcique, entraînant la cavité glénoïde. Ainsi, tout changement dans la croissance basicrânienne déplace la

cavité glénoïde. Il affecte, par contre-coup, la croissance mandibulaire par l'intermédiaire du cartilage condylien qui, aidé par les déplacements dentaires, s'efforce d'adapter les surfaces occlusales.

Deux analyses des rapports articulaires en relation avec la morphologie cranio-faciale se détachent :

. Aspect occlusal : RICKETTS (1952, 1955) (126) (127) a étudié par téléradiographies, la morphologie articulaire chez des individus présentant les différents types de malocclusion définis par ANGLE. Chez les patients atteints d'une malocclusion de classe II (rétrusion mandibulaire), les condyles sont situés en bas et en avant par rapport à la position centrée d'une occlusion normale. En classe III (prognathie mandibulaire), les condyles sont placés plus haut et plus en avant par rapport à la position de référence.

. Aspect facial : INGERVALL (1974) (75) a montré des inter-relations importantes entre la forme de la face, la base du crâne, la morphologie mandibulaire et le tubercule zygomatique antérieur. Les faces larges, triangulaires ("open-bite"), à angle basicrânien aigu, possèdent une cavité glénoïde peu profonde. Par contre, les faces rectangulaires ("deep-bite"), à angle basicrânien obtus, présentent une cavité glénoïde profonde.

On peut donc schématiser ainsi la chaîne physio-pathologique de la malocclusion : les changements morphologiques de la base du crâne entraînent des changements de position de la cavité glénoïde, modifiant ainsi la croissance condylienne et induisant des modifications faciales par l'intermédiaire des muscles masticateurs, essentiellement ptérygoïdien externe et masséter.

5.2. CARTILAGE DE CROISSANCE CONDYLIEN

Le cartilage du condyle mandibulaire est un cartilage articulaire typique agissant selon un mode secondaire et permettant une croissance compensatrice par rapport aux structures temporales (MOSS et SALENTIJN - 1969, 1971) (105) (106). L'analyse la plus complète des influences subies par le cartilage condylien dans

la période post-natale est due à PETROVIC (1975) (45). Les multiples recherches effectuées par cet auteur ont permis de montrer quels sont les mécanismes régulateurs de ce centre de croissance.

On peut les définir ainsi :

. Effets des appareils d'orthodontie :

- stimulation de l'activité mitotique du cartilage par l'hyperpropulseur postural (CHARLIER et Coll., 1969) (35).
- freinage par action d'une fronde mentonnière et résorption modelante de la fosse glénoïde.

. Effets de la résection du muscle ptérygoïdien externe : action sur le contrôle de la croissance du cartilage (PETROVIC et STUTZMANN, 1972) (116). Ce muscle représente le "chaînon final commun" des diverses actions régulatrices s'exerçant sur la croissance du cartilage condylien. MAC NAMARA (1973) (90) l'a très précisément démontré dans son étude des adaptations neuro-musculaires consécutives au port d'une gouttière d'hyperpropulsion chez des Macaques. Mais ce couplage ptérygo-condylien a une valeur conditionnée d'abord par des facteurs génétiques.

. Effets de l'hormone somatotrope : elle potentialise le traitement par les hyperpropulseurs, en agissant directement sur la prolifération cellulaire. Son action sur le cartilage condylien n'est pas directe ; par contre, elle l'est sur les cartilages de conjugaison, la synchondrose sphéno-occipitale et le septum nasal stimulant ainsi l'accroissement antéro-postérieur du maxillaire supérieur, et donc le déplacement de l'arcade dentaire supérieure. Le dérèglement d'occlusion qui en résulte, provoque une augmentation de l'activité du muscle ptérygoïdien externe, une propulsion mandibulaire et un repositionnement occlusal maximum. La croissance du cartilage condylien est directement liée à l'augmentation d'activité du muscle. Une bonne croissance condylienne, et donc une bonne occlusion, dépendent de la réactivité du couplage ptérygo-condylien. Les résultats de l'adaptation condylienne restent fonction de facteurs génétiques individuels, le potentiel d'activité de croissance des cartilages différant selon les individus (DELAIRE et Coll., 1970) (41). Si le couplage est inférieur à la normale, l'activité du muscle ptérygoïdien externe doit être accrue ; si elle ne peut l'être ou si le couplage est trop bas,

on assiste à une malocclusion de type classe II d'ANGLE. Si le couplage est supérieur à la normale, le résultat entraîne rapidement, du fait de la sollicitation fonctionnelle du muscle, une malocclusion de type classe III d'ANGLE.

. Effets des perturbations unilatérales de l'occlusion : la malocclusion unilatérale provoquée par mésialisation dentaire ou perte de dimension verticale, entraîne un faible ralentissement de la croissance condylienne homolatérale et une stimulation notable du côté controlatéral. Ces mécanismes de compensation s'expliquent par le confort obtenu par une mastication du côté normal, entraînant une activité accrue des muscles du côté controlatéral et donc une stimulation des cartilages de croissance. Il est à noter qu'à l'âge adulte, passée la période de croissance condylienne, les changements articulaires sont moins le résultat d'une adaptation physiologique que la conséquence de processus pathologiques (RAMFJORD et ASH, 1975) (125).

. Effets de la langue : la langue intervient dans l'accroissement antéro-postérieur de la mandibule (BENCH, 1963) (14). Cette poussée antérieure provoque l'augmentation de l'activité contractile du muscle ptérygoïdien externe et donc, influe sur sa croissance.

CHAPITRE 6

Anatomie de l'articulation temporo-mandibulaire
et du système musculaire associé

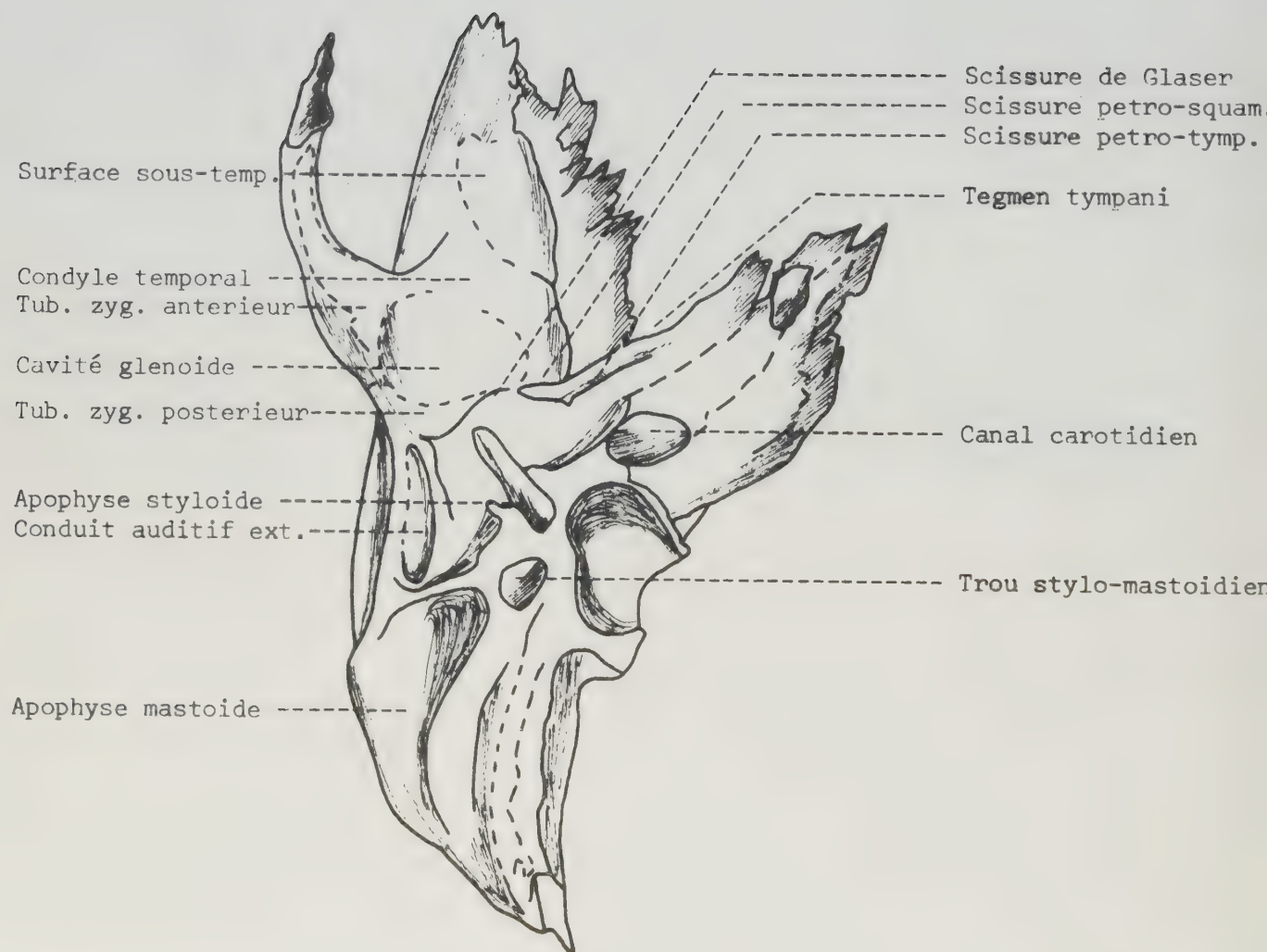


Figure 18: Vue inferieure du Temporal, face exocranienne
 (d'après CREPY - 1967 (39) et ROUVIERE - 1978 (131)).

La morphologie générale des structures articulaires temporo-mandibulaires et des insertions des muscles masticateurs et des muscles des régions latérale et postérieure du cou est abondamment décrite dans les traités d'Anatomie, ces descriptions classiques ne différant entre elles que par des détails de présentation ou de classification. L'exposé qui suit a été volontairement limité aux seules structures faisant l'objet du travail de recherche, c'est-à-dire à la portion temporale de l'articulation temporo-mandibulaire et aux insertions crâniennes des muscles masticateurs et de la nuque. Il s'appuie essentiellement sur les ouvrages de BRIZON et CASTAING (1953) (24) (25) et intègre les renseignements complémentaires recueillis au cours du dépouillement bibliographique.

6.1. L'ARTICULATION TEMPORO-MANDIBULAIRE (Cf. figure 18)

L'articulation temporo-mandibulaire est une diarthrose bicondylienne à ménisque intermédiaire (CREPY, 1967) (39). Seule sa portion temporale sera étudiée. Située sur le champ basilaire horizontal externe de l'écaille du temporal, elle appartient à la zone moyenne de la base du crâne (TESTUD, 1911) (149), servant de plancher à la fosse cérébrale moyenne. Elle est située entre les deux racines du zygoma formant entre elles un angle de 85° (TESTUD et JACOB, 1905) (150) :

- la racine transversale, en direction de l'os sphénoïde, qui constitue le condyle du temporal,
- la racine longitudinale, en direction postérieure, qui se scinde à l'arrière de la cavité glénoïde en deux branches : la supérieure dessinant la "linea temporalis" et l'inférieure se fondant dans la partie antérieure du conduit auditif externe (MAYER, 1965) (92).

Cette portion temporale de l'articulation est classiquement divisée d'avant en arrière en trois parties (PELLETIER, 1969) (111) :

6.1.1. La surface sous-temporale

Elle est triangulaire, à base postérieure, plane et délimitée en arrière par l'éminence articulaire, en dedans par la suture sphéno-squameuse et en dehors par le bord postéro-externe de l'orifice zygomatique. Elle constitue l'insertion antérieure de la capsule articulaire.

Cette surface articulaire n'est fonctionnelle que dans les mouvements d'ouverture extrême ou dans les mouvements de latéralité mandibulaire. Dans ce dernier cas, la face articulaire externe du condyle mandibulaire non-travaillant, une fois passée l'éminence articulaire, se déplace sur le champ antéro-externe de la surface sous-temporale, se servant de la face articulaire interne du condyle mandibulaire comme point de rotation (RAMFJORD et ASH, 1975) (125). Enregistré avec l'aide d'un pantographe, ce mouvement représente la composante extrême de la trajectoire condylienne mandibulaire non-travaillante par rapport au plan sagittal médian.

6.1.2. Le condyle du temporal (ou éminence articulaire)

C'est l'expression anatomique de la racine transverse du zygoma. Il est oblique en bas, en arrière et en dedans. Il est concave d'avant en arrière et convexe transversalement (SICHER, 1965) (142). Extérieurement, il se termine par une forte structure, le tubercule zygomatique antérieur, point de division des deux racines du zygoma. Il est délimité du côté interne par la suture sphéno-squameuse.

Le versant postérieur du condyle du temporal représente la réelle structure articulaire supérieure. Cette dernière maintient par l'intermédiaire du ménisque un contact étroit avec le condyle mandibulaire dans tous les mouvements fonctionnels normaux de l'articulation temporo-mandibulaire. Composée d'os compact dense, elle est apte à supporter toutes les charges induites par une fonction masticatoire harmonieuse.

6.1.3. La cavité glénoïde (ou fosse mandibulaire)

C'est une loge de repos pour le condyle mandibulaire et les tissus intra-articulaires ; elle est non fonctionnelle. Cette cavité est concave d'avant en arrière, limitée en dedans par un processus triangulaire (épine du sphénoïde ou processus endoglénoïdien - WARD, 1974) (157), en dehors par la racine longitudinale du zygoma comprise entre les tubercules zygomatiques antérieur et postérieur (ou tubercule post-glénoïdien, SICHER, 1965 (142), ou tubercule heurtoir de Farabeuf, CREPY, 1967 (39)) en avant du conduit auditif externe. Elle a un aspect triangulaire à base externe de grand axe équivalent à celui du condyle mandibulaire.

La cavité glénoïde est parcourue en son fond par la scissure de Glaser qui apparaît simple en dehors (scissure tympano-squameuse) et double en dedans : en arrière, la pétro-tympanale et en avant la pétro-squameuse. Entre celles-ci, s'insère le prolongement inférieur du tegmen tympani (appartenant au rocher). En arrière de la scissure de Glaser se trouve la fosse tympanale non articulaire. Dans l'angle formé par le tympanal (orienté dans le plan transversal) et le squamosal (orienté dans le plan longitudinal), s'insère l'épine du sphénoïde.

La cavité glénoïde est bordée latéralement (entre les deux tubercules zygomatiques), postérieurement (le long des scissures tympano-squameuses et pétro-squameuse) et intérieurement (le long de la suture sphéno-squameuse) par la capsule articulaire.

Les mouvements mandibulaires sont tributaires de la morphologie glénoïdienne. Ils sont décrits de manière précise par HUFFMANN et Coll. (1969) (72), BAUER et GUTOWSKY (1976) (8) et RAMFJORD et ASH (1975) (125). Il convient de considérer cette influence morphologique sur la cinématique mandibulaire en latéralité sur le côté travaillant et le côté non travaillant (DUBREUIL et PAQUELET, à paraître) (47) :

. Du côté travaillant, le condyle mandibulaire réalise le mouvement de Bennett. Celui-ci s'inscrit dans un cône de 60° d'angle au sommet, inclus dans la cavité glénoïde, ouvert vers l'extérieur et dont le sommet est situé au pôle interne du condyle mandibulaire. Les structures morphologiques glénoïdiennes susceptibles d'influencer de mouvement sont le bord postérieur (fosse tympanale et tubercule zygomatique postérieur), le fond de la cavité glénoïde et le bord postérieur de l'éminence articulaire.

. Du côté non-travaillant, le condyle mandibulaire se déplace à l'extérieur de la cavité glénoïde, vers l'avant, en bas et en dedans. Il est donc essentiellement tributaire de la face interne de la cavité non-travaillante, mais, contrairement au côté travaillant, le condyle mandibulaire réalise une importante translation antérieure, plus marquée dans son côté latéral que dans son côté interne (GOODSON et JOHANSEN, 1975) (64).

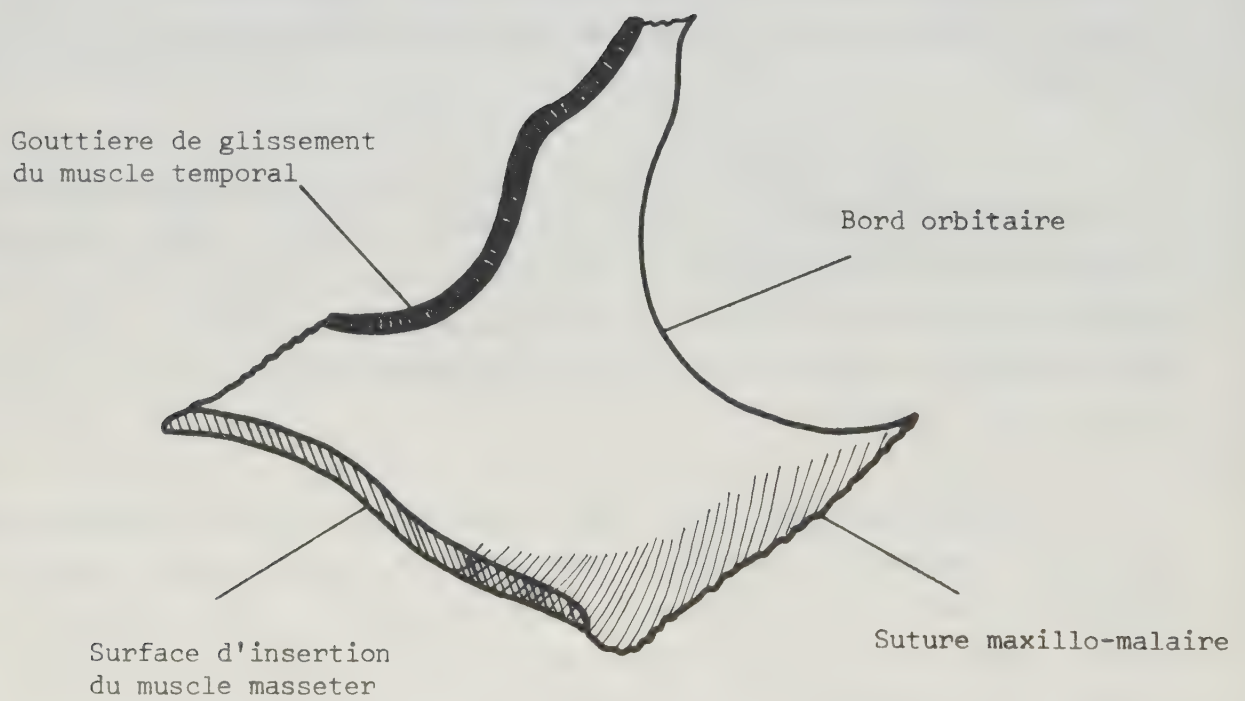


Figure 19: Vue laterale de l'os malaire (d'après BRIZON et CASTAING-1953)(24)

6.2. LES MUSCLES MASTICATEURS

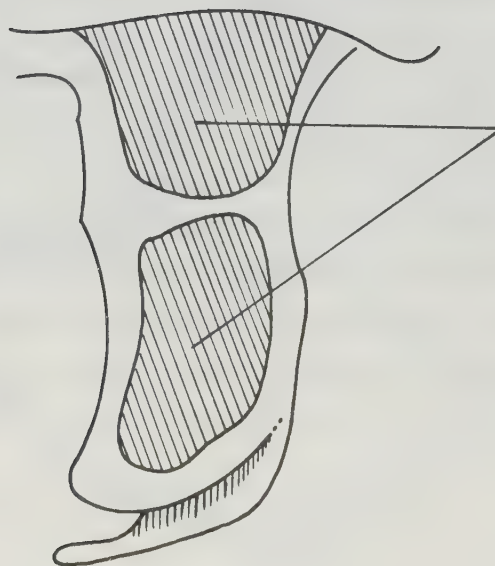
Sont compris sous ce terme les muscles élévateurs de la mandibule, c'est-à-dire les muscles temporal, masséter, ptérygoïdien interne et ptérygoïdien externe. Dans le cadre de cette étude, nous nous intéresserons essentiellement aux surfaces d'insertion crâniennes.

6.2.1. Muscle temporal (ou muscle crotaphyte) (SAPPEY, 1888) (133)

L'origine crânienne de ce muscle est représentée par la fosse temporale. Cette zone d'insertion musculaire est située à la partie latérale exocrânienne, cinq os entrant dans sa composition : l'écaille du temporal, la partie inférieure du pariétal, la face temporale de la grande aile du sphénoïde, la facette temporale du frontal et, la face postéro-interne du malaire. Ses limites supéro-postérieures sont représentées par des lignes courbes temporales ; ses limites inférieures, d'avant en arrière et de dehors en dedans, par la crête sus-mastoïdienne ou "linea temporalis", par l'apophyse zygomatique (externe) et par la crête sous-temporale (interne) ; ses limites antérieures par les bords postéro-externes des os frontal et malaire. L'aponévrose temporale, tendue entre la ligne courbe supérieure et l'arcade zygomatique décrit une surface d'insertion supplémentaire pour ce muscle.

Le muscle temporal est composé de trois faisceaux fonctionnels, un antérieur à fibres verticales, un médian à fibres obliques et un postérieur à fibres horizontales glissant dans la poulie sus-mastoïdienne. Ces faisceaux convergent vers l'apophyse coronoïde de la mandibule en une lame tendineuse dense prenant naissance dans l'épaisseur du muscle.

Ce muscle puissant sert d'élévateur et de positionneur mandibulaire dans les mouvements de fermeture buccale.



Insertions des deux
faisceaux du muscle
pterygoidien externe.

Figure 20: Vue externe de l'aile externe de l'apophyse pterygoïde.
(d'après BRIZON et CASTAING - 1953)(24)

6.2.2. Muscle masséter (Cf. figure 19)

Trois faisceaux ayant tous leur insertion sur l'arcade zygomatique composent ce muscle :

- . Le faisceau superficiel, antérieur, inséré sur le bord inférieur de l'arcade zygomatique entre les sutures temporo-malaire qu'il ne dépasse jamais (SICHER, 1965) (142) et maxillo-malaire qu'il déborde parfois en s'appuyant sur la pyramide maxillaire. Il se dirige vers l'angle externe de la mandibule.
- . Le faisceau profond, postérieur, inséré sur toute la face inférieure de l'arcade zygomatique et débordant sur sa face interne. Il se termine sur la face externe de la branche montante mandibulaire.
- . Le faisceau accessoire (jugal, TESTUD, 1911 (149) - coronoïdien, ROUVIERE, 1978 (131)), généralement rattaché au muscle temporal et correspondant au muscle zygomatoco-mandibulaire mammalien (SICHER, 1965) (142). Il provient de la face interne de l'arcade zygomatique et se dirige en direction de la face externe de l'apophyse coronoïde.

6.2.3. Muscle ptérygoïdien interne

Forme d'un faisceau symétrique du muscle masséter par rapport à la mandibule, il prend naissance dans l'angle dièdre des deux ailes ptérygoïdes de l'os sphénoïde. Ce muscle unique rejoint l'angle interne de la mandibule.

6.2.4. Muscle ptérygoïdien externe (Cf. figure 20)

Très important dans la physiologie de l'A.T.M., il est tendu entre l'apophyse ptérygoïde et la capsule articulaire. Il se compose de deux faisceaux :

- . Le chef supérieur, sphénoïdal, le plus petit ; son origine est double, au niveau de la surface sous-temporale et du tubercule du sphénoïde et au niveau du tiers supérieur de la face externe de l'aile externe de l'apophyse ptérygoïde. Il s'attache sur la partie antérieure du ménisque articulaire et sur la partie antéro-interne du col du condyle mandibulaire.

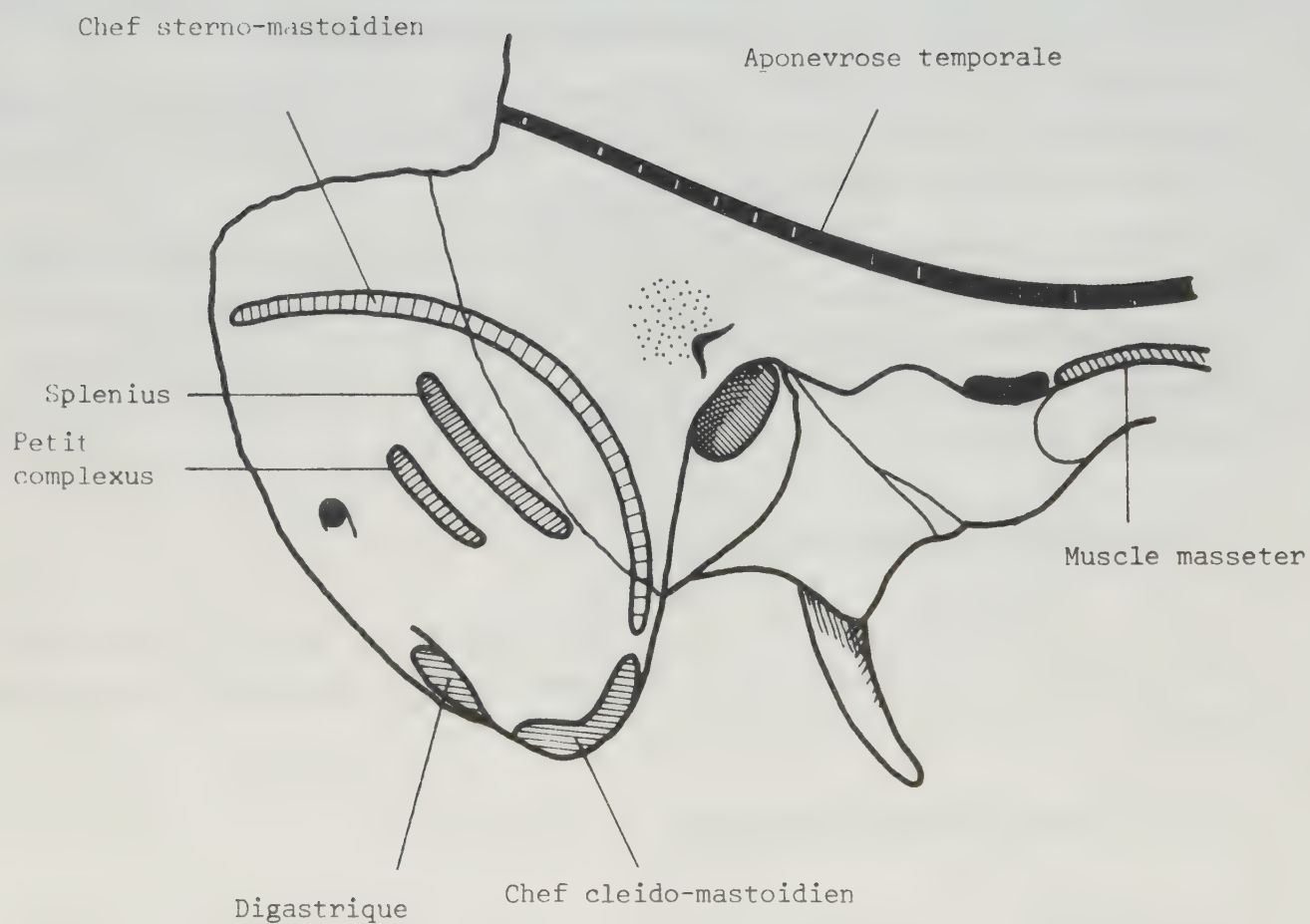


Figure 21: Face externe de l'apophyse mastoïde.
 (d'après BRIZON et CASTAING - 1953)(24)

- . le chef inférieur, ptérygoïdien, le plus grand ; son origine se situe sur les deux tiers inférieurs de la face externe de l'aile externe de l'apophyse ptérygoïde; sur l'apophyse pyramidale du palatin et sur la tubérosité du maxillaire supérieur. Il se jette sur la partie antéro-interne du col du condyle mandibulaire.

6.3. MUSCLES DE LA NUQUE

La statique crânienne sur la colonne vertébrale fait intervenir une synergie musculaire puissante entre les muscles masticateurs, les muscles sus et sous-hyoïdiens et les muscles latéraux et postérieurs du cou (BRODIE, 1950) (26). Dans le but de présenter le panorama le plus complet possible des insertions musculaires crâniennes associées à l'appareil masticateur, il convient de définir les muscles sterno-cleïdo-mastoïdiens et postérieurs du cou.

6.3.1. Muscles sterno-cleïdo-mastoïdiens (Cf. figure 21).

Ce muscle tendu sur la face latérale du cou se compose de quatre chefs disposés en deux plans : le plan superficiel (sterno-mastoïdien, sterno-occipital, cleïdo-occipital), et le plan profond (cleïdo-mastoïdien).

Deux chefs disposent d'une insertion mastoïdienne :

- sterno-mastoïdien : sur la face externe de la mastoïde suivant une insertion linéaire en L, la bande supérieure horizontale appuyée sur la base de la mastoïde, la base inférieure ventrale sur la moitié supérieure du bord externe de la mastoïde.
- cleïdo-mastoïdien : qui engaine le sommet de l'apophyse mastoïde, très légèrement sur son bord antérieur.

Deux chefs disposent d'une insertion occipitale :

- sterno-occipital : chef inconstant, il s'insère à la partie la plus externe de la ligne courbe occipitale supérieure,
- cleïdo-occipital : il s'insère aux deux tiers de la ligne courbe occipitale supérieure.

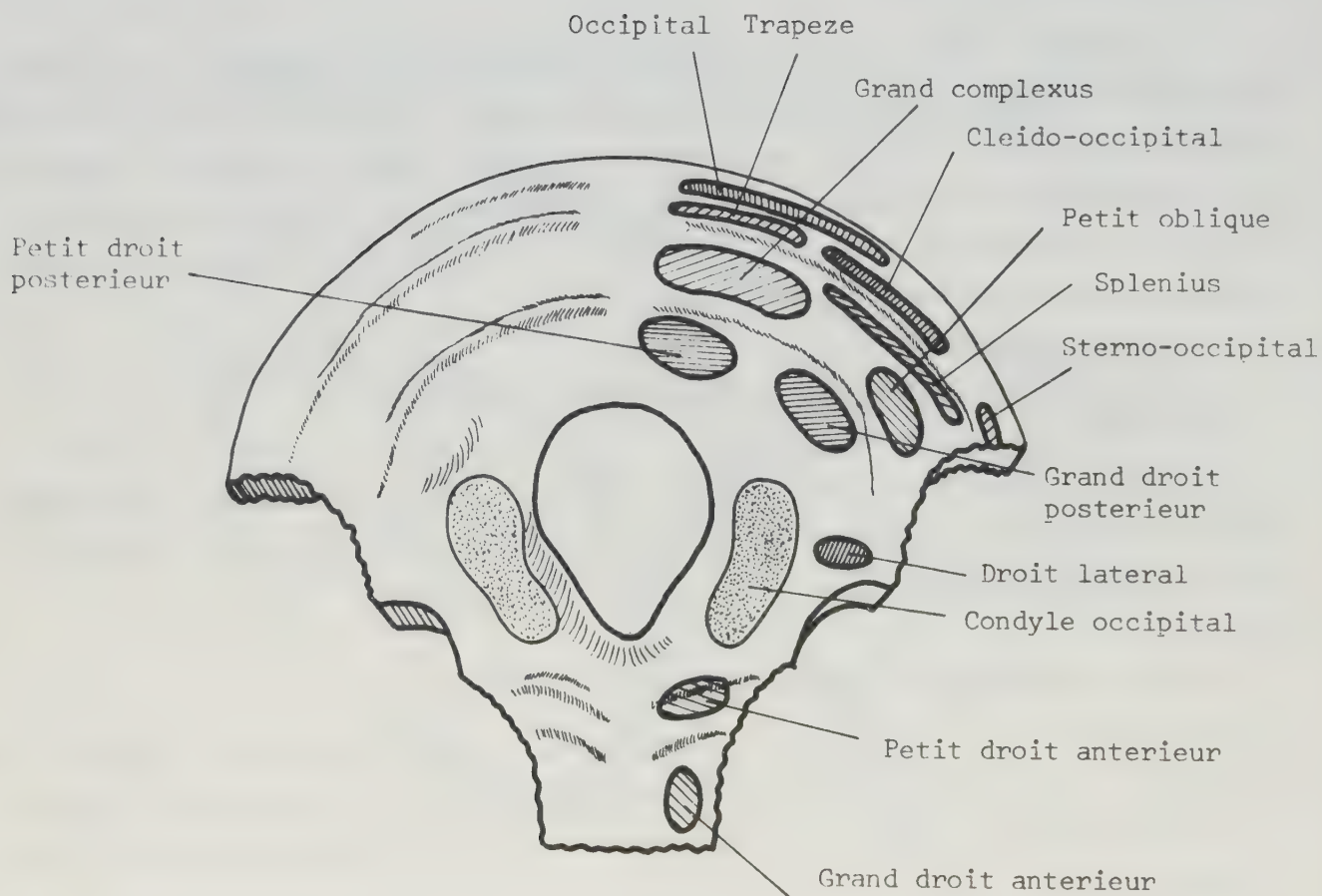


Figure 22: Face exocranienne inferieure de l'os occipital.
(d'après BRIZON et CASTAING - 1953)(24)

6.3.2. Les muscles postérieurs du cou (ROUVIERE, 1978) (131) (Cf. figure 22)

Ils sont disposés sur plusieurs plans, profonds et superficiels. Décrivons leurs insertions crâniennes.

. Plan profond :

- petit droit postérieur : il se termine au niveau de l'occipital au tiers interne de la ligne courbe inférieure et sur la partie sous-jacente de l'écaille.
- grand droit postérieur : il s'insère sur la ligne courbe occipitale inférieure, en dehors du petit droit postérieur.
- petit oblique : il s'attache au tiers externe de la ligne courbe inférieure, plus superficiel que le grand droit postérieur.

. Plan des complexus :

- grand complexus : il se termine sur l'occipital par une large empreinte rugueuse située entre les deux lignes courbes, en dehors de la crête occipitale externe.
- petit complexus : sa terminaison se situe sur le sommet et le bord postérieur de l'apophyse mastoïde.

. Plan du splenius :

- le muscle splenius possède deux insertions crâniennes : l'une sur les deux tiers externes de la lèvre inférieure de la ligne courbe supérieure, l'autre sur le bord postéro-externe de l'apophyse mastoïde.

. Plan superficiel :

- trapèze : il prend naissance au tiers interne de la ligne courbe supérieure et sur la protubérance occipitale externe.

CHAPITRE 7

Modifications morphologiques articulaires pathologiques

De toutes les affections de l'articulation temporo-mandibulaire, l'ostéarthrose est la plus commune (20 % de la population active, BERGMAN et HANSON, 1979 (15), 40 % de la population âgée de plus de 40 ans, BLACKWOOD, 1969 (21)) ; c'est elle qui entraîne le plus de modifications morphologiques des pièces articulaires. En effet, son signe principal est une lésion osseuse dégénérative des surfaces de contact articulaire, c'est-à-dire la face antérieure du condyle mandibulaire et le versant postérieur de l'éminence articulaire. Ces lésions osseuses sont mises en évidence sur pièces sèches, à l'autopsie, ou cliniquement par des radiographies articulaires et une auscultation fine (SHORE, 1976) (141).

Dans le cadre de l'étude présentée, nous allons essentiellement nous attacher aux modifications morphologiques consécutives à la pathologie ostéoarthrotique. Il convient de préciser rapidement le tableau clinique de ces lésions et le mécanisme histopathologique responsable de ces déformations.

7.1. TABLEAU CLINIQUE

Non spécifique de l'articulation temporo-mandibulaire et accompagnée d'aucune manifestation systémique, la réaction osseuse dans l'ostéoarthrose est une adaptation articulaire aux microtraumatismes occlusaux répétés. La plupart des étiologies et des symptômes retenus dans le tableau clinique des dysfonction de l'appareil masticateur se retrouvent dans ces atteintes lésionnelles et peuvent être rapidement définis comme suit (GREENE 1973 (65), RAMFJORD et ASH 1975 (125), ROCZENWEIG 1977 (129), SPECK et ZARB 1976 (146)).

. Etiologies :

- irrégularités occlusales perturbant la cinématique mandibulaire,
- tension psychique élevée favorisant l'hypertonicité musculaire,
- douleurs musculaires masticatrices et paramasticatrices (muscles de la nuque, sternocléidomastoïdien, langue), auto-entretenant la physiopathologie (LASKIN, 1977) (86).

. Symptômes :

- déviation mandibulaire,
- cinématique mandibulaire anormale,
- claquement articulaire consécutif à la subluxation condylienne,
- douleur essentiellement musculaire.

Comme pour les dysfonctionnements de l'appareil masticateur, la population touchée est essentiellement féminine (trois fois plus de femmes que d'hommes - LINDBLOM 1976) (89) mais plus âgée (environ quarante ans) (KREUTZIGER et MAHAN, 1975) (84). L'atteinte est deux fois plus courante du côté gauche que du côté droit (LINDBLOM, 1976) (89). Il est actuellement admis que les manifestations métaboliques consécutives à l'âge ne semblent pas étrangères à l'ostéoarthrose (BLACKWOOD, 1969) (21). L'ostéoarthrose paraît remplacer les dysfonctions de l'appareil masticateur atteignant un type de population plus jeune.

L'examen clinique des ostéoarthroses s'enrichit d'autres symptômes, significatifs d'une atteinte lésionnelle de l'articulation. Ce sont essentiellement :

- des crépitations articulaires (par frottement des pièces osseuses ostéophytées décelables à l'auscultation au stéthoscope,
- une palpation douloureuse de l'articulation,
- une douleur articulaire augmentant avec la fonction masticatoire.

L'examen radiographique est positif (contrairement à celui des dysfonctions) et permet de déterminer différentes atteintes morphologiques (CHALMERS et BLAIR, 1974) (34) :

- une sclérose sous-chondrale du condyle mandibulaire (zone d'opacification),
- une résorption osseuse de l'éminence articulaire du temporal ou de la portion latérale du condyle mandibulaire,
- des proliférations osseuses marginales au niveau des zones d'attachement ligamentaire sur le condyle mandibulaire,
- une calcification du ménisque dans sa portion antérieure en relation avec le chef supérieur du muscle ptérygoïdien externe,
- une réduction de l'espace articulaire (KOPP et ROCKLER, 1979) (81).

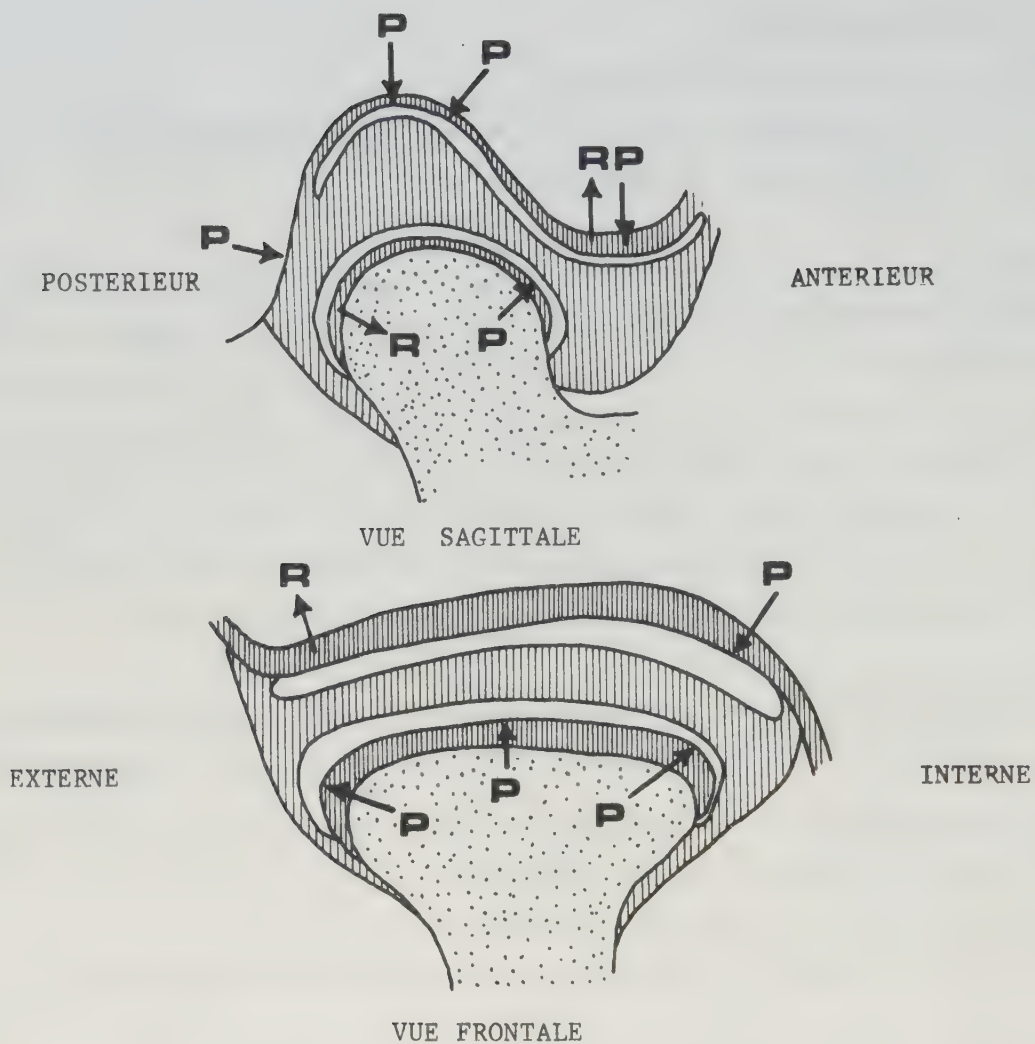


Figure 23: Distribution schematique des principaux types de remodelage articulaire (d'après MOFFETT et Coll. - 1964)(98)

Legende: R: remodelage regressif
P: remodelage progressif

Malgré les aspects dramatiques de certaines manifestations radiologiques, il n'existe aucune relation directe entre l'importance des perturbations osseuses et la sévérité des signes. Devant un patient présentant un tel tableau clinique, le praticien doit diagnostiquer une atteinte rhumatologique dégénérative de l'articulation temporo-mandibulaire, consécutive à un dépassement des capacités d'adaptation de l'articulation aux microtraumatismes occlusaux.

7.2. POTENTIEL D'ADAPTATION ARTICULAIRE

Dans le squelette facial, tout changement dimensionnel osseux causé par l'âge, la perte ou l'usure dentaire, est directement transmis aux articulations temporo-mandibulaires. Il n'est donc pas surprenant de constater des manifestations de remodelage articulaire pendant toute la vie. Ce modelage des pièces condyliennes mandibulaire et temporale a pour but de maintenir des relations étroites entre les surfaces opposées, et ceci, même en présence de modifications fonctionnelles (BLACKWOOD, 1966 a, b et c (18) (19) (20), 1969 (21).

Les travaux de MOFFETT et Coll. (1964) (98) ont permis de définir la nature du remodelage articulaire temporo-mandibulaire. Trois types sont décrits :

- un remodelage additionnel en surface ou progressif,
- un remodelage additionnel en périphérie ou périphérique,
- un remodelage régressif en surface ou régressif.

Les deux premiers intéressent le condyle, le troisième, l'éminence du temporal et la partie postérieure du condyle mandibulaire (Cf. figure 23). Dans le remodelage régressif, l'atteinte initiale est située dans le tissu articulaire supérieur, puis secondairement dans l'os sous-jacent. La lésion de base est représentée par une aire de résorption localisée à la jonction de l'os sous-chondral et du cartilage. Cette aire, envahie de canaux vasculaires, est le siège d'une activité ostéoclastique produisant une cavité. Celle-ci se comble de tissu mésenchymateux qui se différencie en fibrocartilage identique au tissu de recouvrement articulaire. Ce processus se généralise sur la surface en régression ; réduisant ainsi en hauteur la surface articulaire initiale (BLACKWOOD, 1969) (21).

7.3. MECANISME HISTOPATHOLOGIQUE

Dans l'ostéoarthrose, l'activité de remodelage est supérieure à la physiologie articulaire normale. L'atteinte est non inflammatoire, dégénérative, chronique, caractérisée par la détérioration et l'abrasion du cartilage d'encroûtement articulaire et par une néoformation osseuse sous la forme d'ostéophytes (MAYNE et HATCH, 1969) (93). Les manifestations morphologiques pourraient être considérées comme des manifestations de sénescence (atrophiques, limitées, sans signes cliniques = ostéoarthrose primaire) accentuées par des changements métaboliques, des facteurs génétiques (MAYNE et HATCH, 1969) (93) et surtout par des irritations fonctionnelles accrues essentiellement par la diminution de dimension verticale (= ostéoarthrose secondaire). Un tel mécanisme fait dire à certains auteurs que la différence entre le remodelage articulaire normal et l'ostéoarthrose est plus quantitative que qualitative (CHALMERS et BLAIR, 1974) (34), le taux de dégénérescence du tissu excédant son taux de réparation. Quatre phases sont classiquement décrites dans l'évolution du processus pathologique (FORGUE, 1965) (56) :

- le revêtement cartilagineux recouvrant les surfaces articulaires devient irrégulier,
- des fractures apparaissent dans le cartilage et l'érosion s'étend en profondeur ; des fibres de collagène tombent dans la cavité articulaire,
- la désintégration du conjonctif et du cartilage mettent à nu l'os et ses espaces médullaires,
- l'articulation ainsi déformée essaie de s'adapter à de nouvelles conditions fonctionnelles.

La mise à nu de l'os entraîne la formation d'ostéophytes avec perforation méniscale associée (MARBACH, 1969) (91). D'ailleurs, cette perforation est souvent un stimulus pour la formation des ostéophytes articulaires (MOHL, 1973) (99).

Après de tels changements, l'aire de contact articulaire entre le condyle et le temporal augmente, le plan articulaire se retrouve approximativement parallèle au plan de Francfort (MOFFETT, 1974) (97). Ce processus est accentué dans les zones de remodelage régressif : essentiellement l'éminence articulaire du temporal et la face latérale du condyle mandibulaire. Il touche en premier lieu le condyle puis secondairement la face temporale.

7.4. FACTEURS PREDISPOSANTS

Trois facteurs prédisposants sont généralement mis en avant dans la genèse de l'ostéoarthrose des articulations temporo-mandibulaire (KREUTZIGER et MAHAN, 1975) (84) : l'élévation des forces intra-articulaires, l'abrasion dentaire excessive et les pertes de dimension verticale consécutives à des pertes dentaires non compensées.

7.4.1. Forces intra-articulaires anormales

L'articulation supporte des forces lors de la fonction masticatoire (DUBREUIL et RABERIN, 1976) (48). Elles sont réactionnelles aux mouvements mandibulaires et s'exercent essentiellement sur l'éminence articulaire. Cette portion de l'articulation est particulièrement apte à supporter des forces (MOFFETT et Coll., 1964) (98), aussi bien au cours de la mastication qu'au cours de l'incision. SMITH (1978) (144) a démontré que, lors des mouvements de latéralité, le condyle du côté non travaillant supporte près de 80 % des forces développées par la mastication.

La mauvaise adaptation de l'articulation temporo-mandibulaire aux forces qui s'exercent sur elle est pour BARBENEL (1969) (4) le reflet de la nouveauté ; en effet, les organes les mieux adaptés à leur fonction sont ceux dont l'histoire évolutive est la plus longue. Partant de ce concept, HYLANDER (1979) (74) a implanté des jauges de forces à l'intérieur des articulations temporo-mandibulaires de macaques. Il démontre ainsi que les forces exercées dans l'articulation n'apparaissent qu'au cours de certaines phases du cycle masticatoire :

- pendant une morsure isométrique, le côté non travaillant supporte plus de forces que le côté travaillant,
- le côté latéral de l'articulation non travaillante supporte plus de forces que le côté interne,
- le degré de réactions articulaires travaillantes est variable selon la position du point de morsure (degré de plus en plus élevé au fur et à mesure que le point de morsure s'avance).

Toute majoration des forces intra-articulaires, pour quelque raison que ce soit (traumatisme externe ou occlusal), augmente les sollicitations fonctionnelles au niveau des zones de charge physiologique et déclenche finalement le mécanisme de l'ostéoarthrose.

7.4.2. Abrasion dentaire excessive

L'attrition dentaire a toujours été considérée comme un facteur déterminant de l'ostéoarthrose. Depuis 1970, les travaux se succèdent pour tenter de faire le point sur ce sujet. Toutes ces études sont réalisées sur crânes secs. Pour SEWARD (1976) (140), l'abrasion dentaire est en relation étroite avec l'aplatissement de l'éminence articulaire et du condyle mandibulaire. La structure temporale semble toujours atteinte plus lentement que la structure condylienne. Ces données sont confirmées par les travaux de MONGINI (1977) (102). WEDELL et Coll. (1978) (158) ont montré que la morphologie extéro-interne de l'articulation est la caractéristique la plus sensible à l'abrasion dentaire. Pour BERGMAN et HANSSON (1979) (15), l'attrition intervient aussi dans la forme de la cavité glénoïde. Ils ont également noté que l'atteinte temporale, corrélée avec un condyle mandibulaire plus élevé sur sa face externe qu'interne, est majeure au niveau de la face externe de l'éminence articulaire. La nécessité de radiographies frontales s'impose donc pour une juste évaluation des structures osseuses articulaires (MOFFETT, 1974) (97).

Il apparaît ainsi qu'une fonction masticatoire importante, voire excessive, représente le facteur prédisposant essentiel dans l'ostéoarthrose. C'est dans ces conditions déséquilibrées que les relations forme - fonction sont les plus évidentes.

7.4.3. Perte de dimension verticale

Pour BLACKWOOD (1969) (21) ce facteur est prédisposant : la rétrusion mandibulaire consécutive à cette malocclusion comprime les tissus rétro-méniscaux entre la surface postérieure du condyle mandibulaire et le mur postérieur de la cavité glénoïde. Ainsi, une importante action de remodelage s'exerce dans ces zones.

Ces travaux confirment les études histopathologiques de FORGUE (1965) (56) et anthropométriques de BERGMAN et HANSSON (1979) (15), et fournissent une base pathogénique aux réductions d'espace articulaire observées sur les radiographies de profil (KOPP et ROCKLER, 1979) (81). Pour ces derniers, la sclérose sous-chondrale observée radiographiquement est directement en relation avec la perte de dimension verticale. Pourtant la perte de dimension verticale paraît avoir moins de responsabilités dans l'atteinte ostéoarthrosique que la fonction masticatoire exagérée traduite par l'abrasion dentaire.

— . 0 . —

CHAPITRE 8

Revue de la littérature

L'étude morphologique de la cavité glénoïde la plus remarquable est celle de DEMIRJIAN (1967) (43). Il a réalisé la recherche bibliographique la plus complète concernant les études antérieures. Il convient donc de considérer son oeuvre comme le départ d'une nouvelle conception de l'analyse morphologique de la cavité glénoïde.

Antérieurement aux travaux de DEMIRJIAN (43), les recherches étaient essentiellement orientées sur les variations morphologiques d'origine génétique (raciale) ou sexuelle et sur les variations consécutives à la croissance et à l'âge. Une caractéristique était particulièrement étudiée : la profondeur de la fosse glénoïde et ses variations liées à l'attrition dentaire ou au type d'occlusion. Une telle démarche était guidée par deux faits (ANGEL, 1944 (1), ASHTON et ZUCKERMAN, 1954 (2)) :

- la recherche explicative de cette caractéristique humaine,
- l'utilisation intensive des radiographies latérales du crâne, seule possibilité d'investigation de l'individu vivant, mais ne permettant que l'étude d'un nombre limité de paramètres, dont la profondeur glénoïdienne.

Les études de QUIRCH et Coll. (1964a (121), 1964b (122), 1965 (123)) se sont attachées à quantifier la morphologie temporo-mandibulaire (en particulier la profondeur de la cavité glénoïde) en fonction de l'âge et de l'occlusion, le rapport inter-incisif étant le facteur le plus important. Ces recherches ont mis en évidence des rapports entre pente condylienne et pente incisive, déjà définis dans la formule des cinq facteurs géométriques d'occlusion par THIELEMANN (1958) (151). D'autres auteurs ont signalé les différences notoires de largeur glénoïdienne en fonction des modifications déterminées par les malocclusions des différentes classes d'ANGLE.

Concernant l'intervention de la fonction sur la morphologie glénoïdienne, les thèses étaient très contradictoires (KOYOUMDJISKY, 1956) (83). Le mérite du travail de DEMIRJIAN (43) a été de prendre en compte, non seulement l'aspect statique de la fonction sous la forme de l'usure dentaire, mais aussi son aspect dynamique sous la forme de mesures crâniennes quantifiant la morphologie crânienne et l'action des muscles masticateurs.

Il a également cherché à définir plus précisément la cavité glénoïde par l'intermédiaire d'un indice glénoïdien. Ses travaux ont permis de mettre en évidence :

- l'absence d'asymétrie entre les cavités glénoïdes droite et gauche,
- l'intervention du sexe et de la race dans la profondeur glénoïdienne,
- les relations dimensionnelles entre le crâne et la cavité glénoïde,
- les relations entre structure dentaire, structures osseuses d'insertion musculaire et structure glénoïdienne.

Deux insuffisances conceptuelles sont néanmoins à souligner :

- la polarisation de l'étude sur les cavités glénoïdes et la tentative de recherche d'inter-relations entre structures osseuses représentatives d'une zone de repos fonctionnel et structures osseuses d'insertion musculaire masticatrice.
- la prise en compte de l'usure dentaire selon des critères anthropologiques non compatibles avec la physiologie occlusale réelle.

Depuis 1970, les études morphologiques de la cavité glénoïde ont été réalisées sur deux tableaux : étude sur crânes secs, étude téléradiographique.

Deux études sur crânes secs retiennent notre attention :

. SEWARD en 1976 (140) a analysé l'articulation temporo-mandibulaire de 155 crânes d'aborigènes australiens en vue de définir les corrélations entre usure dentaire et morphologie glénoïdienne : ses travaux mettent en évidence la difficulté de définir les critères d'usure assez précis pour être considérés sur le plan clinique, et permettent de fournir une base de réflexions sur le caractère physiologique ou pathologique de l'usure dentaire.

. HINTON et CARLSON (1979) (68), à partir d'observation de crânes nubiens échelonnés de 9000 ans avant J.C. à 1500 ans après J.C., ont fourni d'importantes précisions sur les cavités glénoïdes et rassemblé de nombreuses mesures masticatrices. La régression évolutive dimensionnelle de la cavité glénoïde apparaît en relation directe avec le système masticateur. Nous retiendrons plus particulièrement les éléments suivants :

- la longueur articulaire se présente comme une mesure indépendante de la fonction masticatoire,
- la cavité glénoïde semble s'adapter à la morphologie condylienne mandibulaire.

Comme pour le travail de DEMIRJIAN (43), nous formulerons ici des réserves : l'étude porte uniquement sur la cavité glénoïde alors que cette structure n'est que faiblement fonctionnelle.

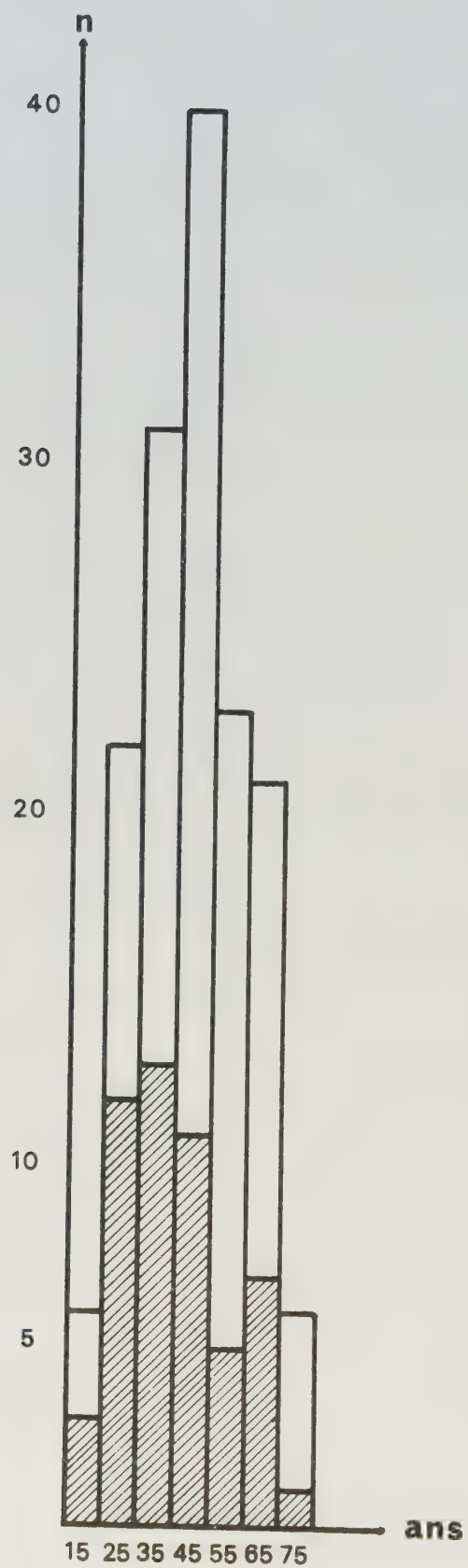
Les études téléradiographiques sont nombreuses et généralement à but orthodontique. Nous pouvons citer essentiellement :

. TAYLOR et Coll. (1972) (148) : ils ont confirmé la symétrie articulaire droite-gauche et la non corrélation entre occlusion dentaire et morphologie articulaire. Signalons que ces auteurs ont observé l'articulation par radiographies latérales et par radiographies frontales, plus adaptées aux études des articulations temporo-mandibulaires.

. INGERVALL (1974) (75) a repris les travaux de RICKETTS (1952, 1956) (126) (127) concernant les rapports de l'articulation temporo-mandibulaire et de la morphologie faciale, et du type d'occlusion associé. Cette étude sur des enfants et des adultes a mis en évidence les étroites relations entre les caractéristiques articulaires et la base du crâne : un tubercule zygomatique antérieur important est généralement associé à une base du crâne fermée, un tubercule faible à une base du crâne ouverte.

CHAPITRE 9

Matériel et méthodes



Graphique 2: Pyramide des ages de l'echantillon étudié. Les parties hachurées representent l'echantillon féminin.

La méthode de choix pour l'étude morphologique la plus complète d'une structure osseuse crânienne est la craniométrie. Elle présente des avantages (grand nombre de collections, repères anatomiques faciles permettant des mesures rapides et sûres, comparaisons de nombreux travaux) mais aussi des inconvénients essentiellement liés à la difficulté d'une bonne définition de structures fonctionnelles complexes. Aussi, les mesures doivent être nombreuses mais les plus simples possible pour pouvoir être facilement reproductibles (MOORE et LAVELLE, 1974) (103). Une bonne étude craniométrique repose donc sur deux critères pour la définition des mensurations :

- elles doivent pouvoir être effectivement répétées pour tous les crânes quelles que soient leurs variations anatomiques,
- elles ne doivent pas s'éloigner de l'hypothèse posée.

Le premier critère implique une standardisation dans les mesures à effectuer et le second impose à l'auteur un choix judicieux. Nous les aborderons successivement.

Les crânes étudiés ont été sélectionnés dans la collection d'Anthropologie du Museum d'Histoire Naturelle de Lyon. Rassemblant des crânes de la deuxième moitié du siècle dernier, de race blanche et originaires de la région Rhône-Alpes, cette collection apporte par ailleurs des précisions sur l'état civil, l'âge et le sexe de chacun de ses éléments, d'où notre choix. 149 crânes ont été retenus, qui possédaient une fosse glénoïde complète et ne présentaient aucune altération osseuse interférant avec les mesures proposées. La moyenne d'âge de cet échantillon est de 44 ans. Leur répartition est la suivante (Cf. graphique 2).

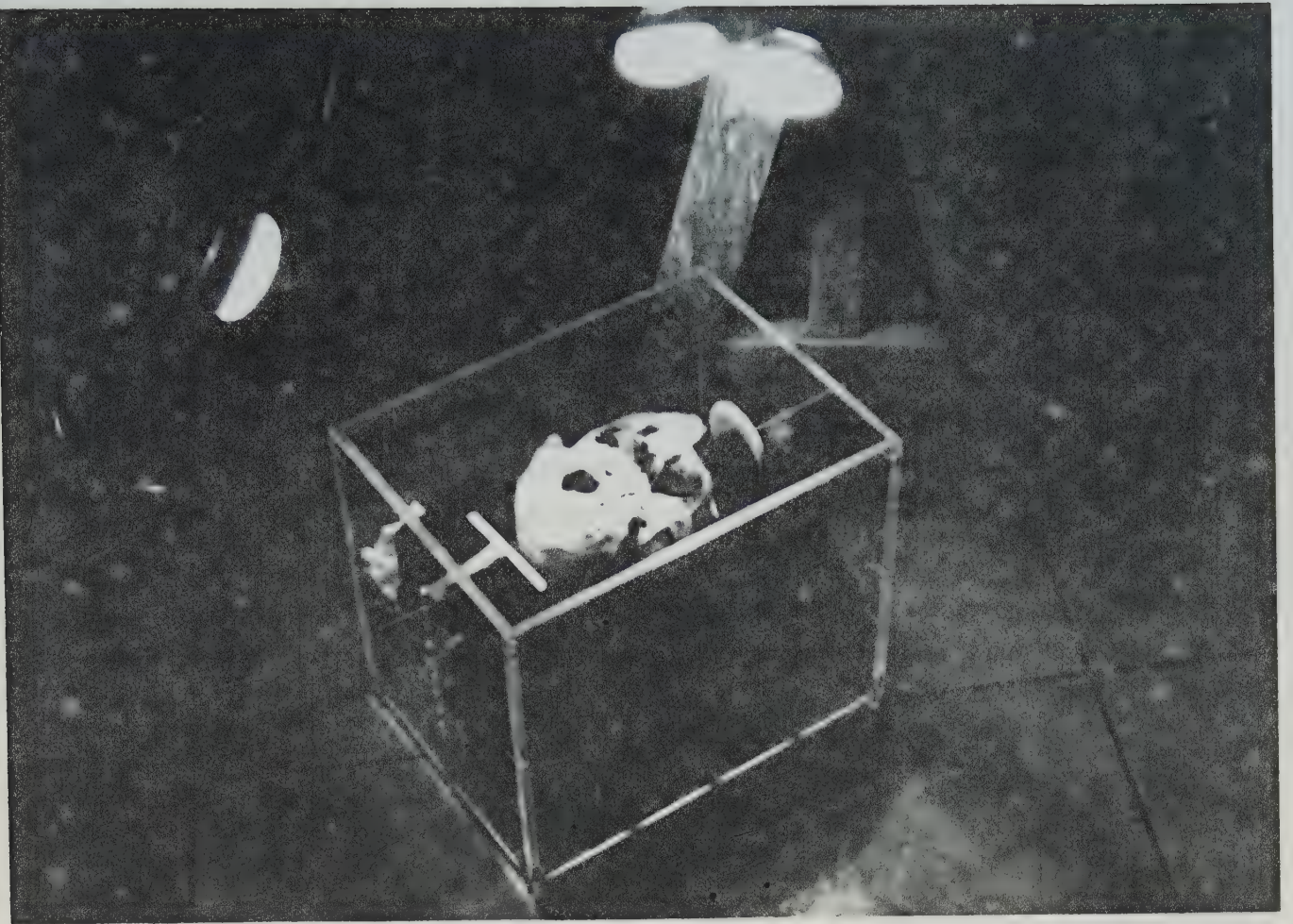
- 97 hommes (âge moyen de 46 ans) et 52 femmes (âge moyen de 40,36 ans).
- 6 individus âgés de 10 à 19 ans,
 - 22 de 20 à 29 ans,
 - 31 de 30 à 39 ans,
 - 40 de 40 à 49 ans,
 - 23 de 50 à 59 ans
 - 21 de 60 à 69 ans
 - 6 de 70 à 79 ans.

9.1. STANDARDISATION DES MESURES

La nécessité d'une étude de la "norma inferior" des crânes et le souci de la standardisation des mesures effectuées sont à l'origine de la construction d'un positionneur crânien spécifique, réalisé à partir de plans originaux dans les services techniques de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electronique et de Radio-électricité de Grenoble.

Ce positionneur est différent du craniophore classique ou des appareillages utilisés précédemment par certains chercheurs (KOYOUNDJISKY, 1965) (83). C'est une cuve en plexiglas, parallélépipède rectangle, ouverte vers le haut et assez profonde pour contenir un crâne. Sur chaque grande face latérale, aux deux tiers supérieurs, est gravée une ligne repère parallèle au fond de la cage. Sur les petites, en leurs centres, sont percés des trous filetés de 6 mm de diamètre qui peuvent recevoir une tige filetée terminée par un tampon de feutre. Le fond du positionneur, recouvert d'une toile noire, est rempli de boules de celluloïd, assez rigides pour supporter le crâne et suffisamment souples pour qu'il puisse s'y modeler. Enfin, à l'intérieur de la cuve, une échelle millimétrique de dix centimètres est située sur la face postérieure, regardant vers le haut. Elle est placée au niveau du repère gravé sur les faces latérales.

Le crâne est présenté à l'envers, son grand axe confondu avec celui du positionneur ; la voûte crânienne reposant sur les boules de celluloïd, c'est la face inférieure qui est ainsi proposée à l'étude. Bien que souvent décrié (OLIVIER, 1960) (109), le plan de Francfort reste le plus classique et le plus usité ; il est donc choisi, pour cette étude, comme plan de référence horizontal pour le positionnement du crâne. Celui-ci est matérialisé par les deux points Porion (point supérieur du conduit auditif externe) droit et gauche, les deux points Orbitale (point inférieur des rebords orbitaires) droit et gauche et les deux droites parallèles gravées sur les faces latérales du positionneur. Le positionnement est donc réalisé dans le sens transversal. Il convient dès lors de stabiliser le crâne dans le sens antéro-postérieur en plaçant les tampons de feutre au niveau de la glabella, du côté antérieur et de l'écaille de l'occipital du côté postérieur (Cf. photographie n° 1).



Photographie 1: Vue postero-latérale du positionneur cranien utilisé.

La standardisation de positionnement ayant été obtenue, il reste à assurer celle des mesures. Elle va se réaliser grâce à des photographies les plus comparables possibles, permettant de limiter au maximum les reliefs anatomiques selon une technique précédemment développée (BUYLE-BODIN et Coll., 1978) (31). Le problème important consiste à minimiser les erreurs de parallaxe consécutives aux différences de hauteur entre le plan de Francfort et les structures osseuses extrêmes spécifiques à chaque crâne. Il a été résolu en utilisant un objectif de grande focale (180 mm) et en prenant chaque photo à une distance de 2,10 m entre le plan du film et le plan de Francfort. La mise au point sur le plan de référence a été obtenue avec le plus petit diaphragme possible ($f : 3,8$) permettant ainsi une profondeur de champ maximale ; cette opération a été rendue possible par l'usage de trois lampes de 100 W éclairant la face supérieure du positionneur (et donc la "norma inferior" du crâne), l'une dirigée sur la face antérieure, les deux autres sur les angles postérieurs. Ces photographies ont été prises au déclencheur souple, avec un film de 50 ASA, permettant la meilleure définition de l'image, l'axe de prise de vue étant confondu avec la synchondrose sphéno-occipitale. Chaque photographie englobant l'échelle millimétrique du positionneur a été développée à l'échelle 1 sur papier mat de 21 x 29,7 cm. Sur ces photographies de grandeur nature, les points repères et les droites de référence ont été tracées à l'encre rouge à l'aide d'un stylo-traceur à plume tubulaire de 0,3 mm de diamètre.

9.2. CHOIX DES MENSURATIONS

Deux critères guident ce choix (HOWELLS, 1969) (70):

- les principes anatomiques,
- la standardisation des mesures (sans être toutefois un facteur dominant).

Les mensurations sont de deux types :

- soit classiques, déjà décrites dans la littérature et permettant de situer l'échantillon par rapport à d'autres études et d'effectuer des comparaisons.
- soit originales et adaptées spécifiquement à l'étude présente.

Certaines mesures ont été effectuées bilatéralement chaque fois qu'elles le permettaient. Le caractère bilatéral (B), classique (C) ou original (O) de chaque mensuration sera précisé dans la description suivante (Cf. photographies n° 2 et 3) :

1. Largeur bistylo-mastoïdienne (C) (PETIT, MAIRE, HEINTZ, 1966) (113) : distance comprise entre les trous stylo-mastoïdiens droit et gauche, considérée comme caractéristique de la largeur de la base du crâne. Ces orifices ont aussi la particularité d'être proches de la partie interne des cavités glénoïdes.

2. Largeur maximale du crâne (C) (OLIVIER, 1960) (109), (DEMIRJIAN, 1967) (113) : distance maximale entre les deux points latéraux extrêmes du crâne, au-dessus des crêtes sus-mastoïdiennes, à angle droit par rapport au plan sagittal médian. Cette mesure est classiquement considérée comme caractéristique de l'élargissement du neurocrâne.

3. Longueur Basion - Prosthion (C) (SCOTT, 1953) (138) : distance entre les points Basion (point inférieur de la surface externe du bord antérieur du foramen magnum sur le plan médian) et Prosthion (point médian du bord alvéolaire supérieur). Cette distance est considérée comme représentative de la longueur de la face.

4. Largeur bizygomatique (C) (SCOTT, 1953) (138), (OLIVIER, 1960) (109) : distance entre les points latéraux extrêmes de l'arcade zygomatique, généralement considérée comme la largeur de la face.

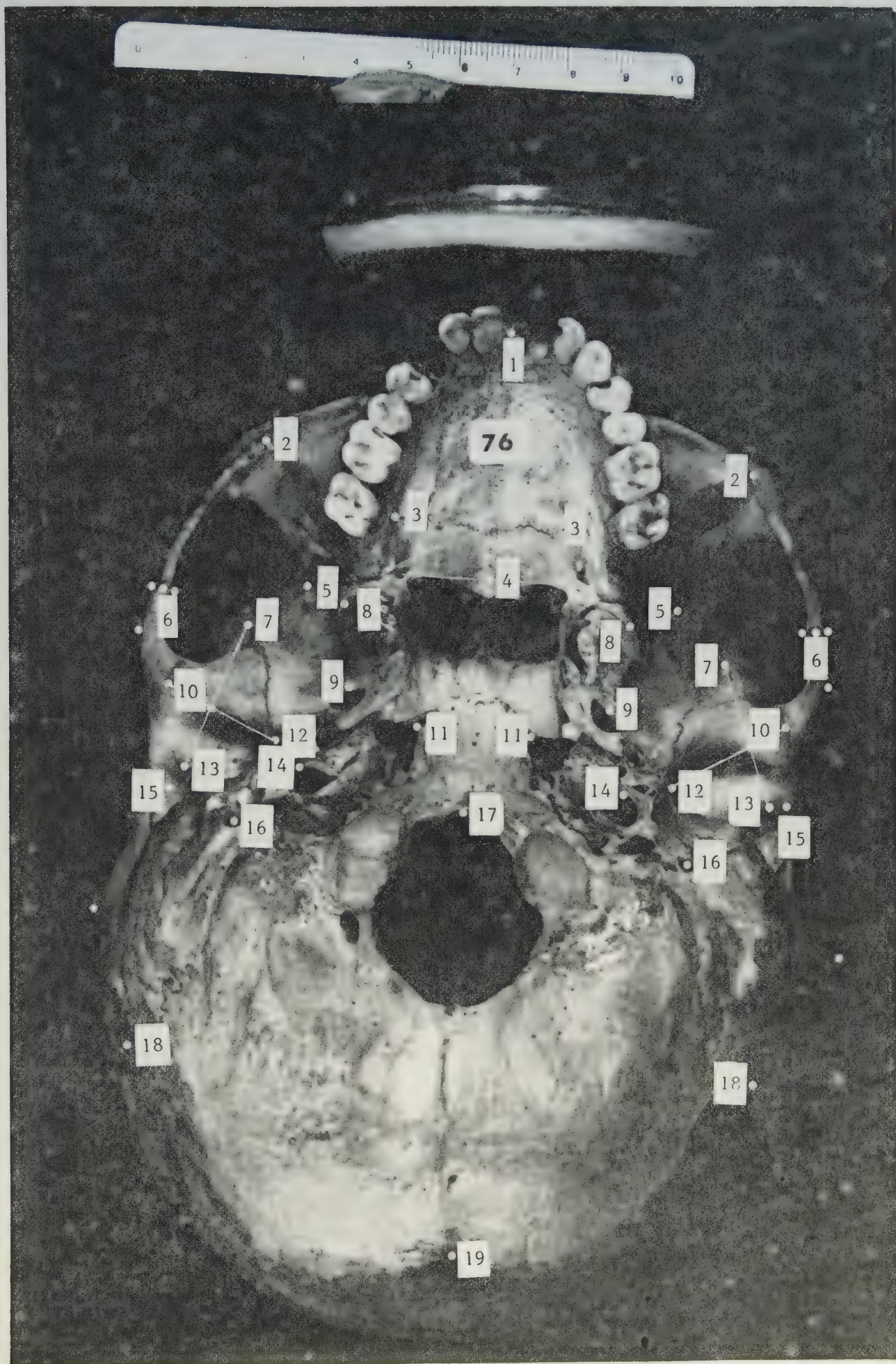
5. Longueur palatine (C) (PETIT, MAIRE, HEINTZ, 1966) (113), (MOREL, 1962) (104), (OLIVIER, 1960) (109) : classiquement, cette distance est mesurée du point médian de la tangente postérieure aux deux incisives centrales supérieures au Staphylion (point médian de la tangente antérieure aux concavités du palais osseux). Si le critère postérieur a été conservé, nous avons préféré utiliser Prosthion comme critère antérieur du fait des édentations présentées par de nombreux crânes.

6. Largeur palatine (C) (SCOTT, 1953) (138), (PETIT, MAIRE, HEINTZ, 1966) (113), (OLIVIER, 1960) (109) : classiquement, cette distance est mesurée entre les rebords alvéolaires internes au niveau de M^2 . Du fait du nombre important d'arcades édentées, nous avons préféré choisir comme référence la jonction entre la suture maxillo-palatine et le bord alvéolaire interne.

Photographie 2: Localisation anatomique des points utilisés.

Legende:

1. Prosthion
2. Milieu de la suture maxillo-malaire
3. Jonction entre suture maxillo-palatine et bord alveolaire interne
4. Staphylion
5. Crête sous-temporale de la grande aile sphénoïde
6. Milieu de la suture temporo-malaire
7. Jonction entre la suture sphéno-squameuse et la crête sous-temporale
8. Crochet de l'aile externe de l'apophyse ptérygienne
9. Bord antérieur du trou ovale
10. Tubercule zygomatique antérieur
11. Bord latéral de la synchondrose sphéno-occipitale
12. Épine du sphénoïde
13. Tubercule zygomatique postérieur
14. Bord antérieur du trou carotidien
15. Porion
16. Trou stylo-mastoidien
17. Basion
18. Asterion
19. Inion



7. Angle pétro-sagittal (C-B) (SCHULTER, 1976a) (135) : il est défini par le plan sagittal médian (comprenant les points Prosthion et Basion) et l'axe du rocher passant par le trou stylo-mastoïdien et le bord latéral de la synchondrose sphéno-occipitale. Cet angle est considéré comme caractéristique de la base du crâne.

8. Angle pétro-tympanique (C-B) (SCHULTER, 1976a) (135) : il est défini par l'axe du rocher (voir ci-dessus) et par l'axe de l'os tympanique passant par le point Porion et le bord antérieur du trou carotidien. Cet angle est considéré comme caractéristique de la base du crâne.

9. Longueur articulaire (C-B) (DEMIRJIAN, 1967) (43), (HINTON et CARLSON, 1979) (68) : distance entre le sommet du tubercule zygomatique antérieur et le sommet du tubercule zygomatique postérieur. C'est la longueur antéro-postérieure et la base du triangle glénoïdien.

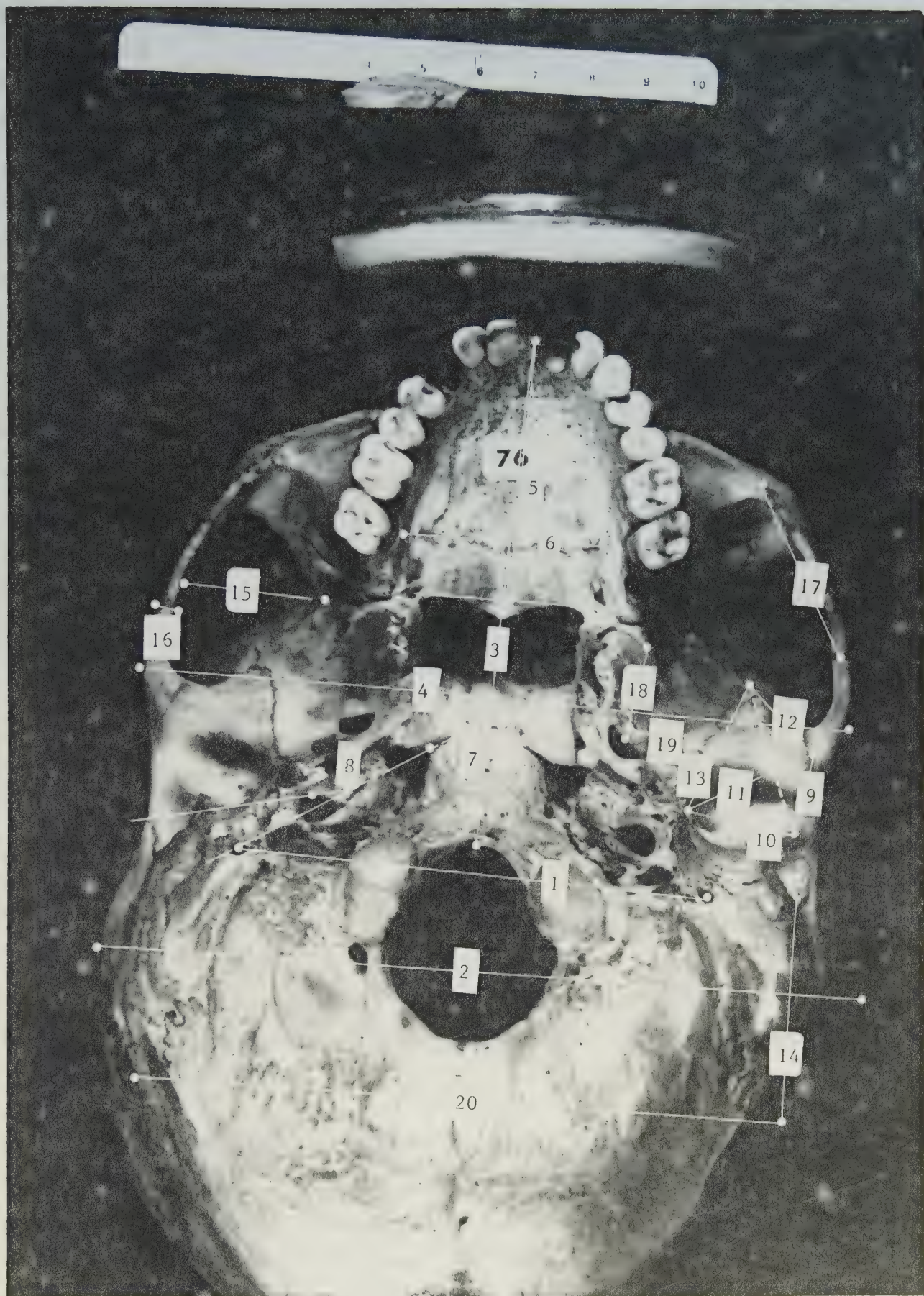
10. Largeur tubercule zygomatique postérieur - épine du sphénoïde (C-B) (HINTON et CARLSON, 1979) (68) : cette distance représente le côté postéro-interne du triangle glénoïdien, parallèle à la scissure de Glaser.

11. Largeur articulaire (C-B) (HINTON et CARLSON, 1979) (68) : distance entre le sommet du tubercule zygomatique antérieur et l'épine du sphénoïde, représentant le côté antérieur du triangle glénoïdien et la base du triangle sous-temporal.

12. Longueur tubercule zygomatique antérieur - ligne sous-temporale (O-B) : distance entre le sommet du tubercule zygomatique antérieur et le point de rencontre de la ligne sous-temporale de la grande aile du sphénoïde et de la suture sphéno-squameuse. C'est le côté externe du triangle sous-temporal.

13. Longueur ligne sous-temporale - épine du sphénoïde (O-B) : cette mensuration se fait le long de la suture sphéno-squameuse, entre l'épine du sphénoïde et le point de rencontre avec la ligne sous-temporale. C'est le côté interne du triangle sous-temporal.

14. Longueur mastoïdienne (C-B) (DEMOULIN, 1972) (44) : c'est la distance entre les points Porion et Astérion (point osseux de jonction des os pariétal, temporal et occipital). Cette mensuration est essentielle à deux titres : la différenciation sexuelle et la détermination de l'importance fonctionnelle du principal muscle rotateur de la tête, le sterno-cléido-mastoïdien.



Photographie 3: Mensurations réalisées sur les photographies.
Pour la légende des chiffres, se reporter au texte.

15. Largeur de la fosse sous-temporale (C-B) (HINTON et CARLSON, 1979) (68) : distance maximale comprise entre la face interne de l'arcade zygomatique de la ligne sous-temporale de la grande aile du sphénoïde, prise perpendiculairement au plan sagittal médian. Cette mesure est caractéristique de la puissance fonctionnelle du faisceau antérieur du muscle temporal (SAKKA, 1976) (132).

16. Largeur de l'arcade zygomatique (C-B) (MAYER, 1965) (92), (HINTON et CARLSON, 1979) (68) : cette mensuration est prise au niveau de la suture temporo-malaire (zone moyenne d'insertion du muscle masséter) et caractéristique de la puissance fonctionnelle du muscle masséter.

17. Longueur de l'arcade zygomato-malaire (O-B) : cette mensuration se fait de la suture maxillo-malaire à la temporo-malaire. Elle est caractéristique du faisceau superficiel du masséter (BARON, 1973) (7). Elle a été choisie pour la simplicité de ses déterminations anatomiques par rapport à l'insertion du faisceau profond.

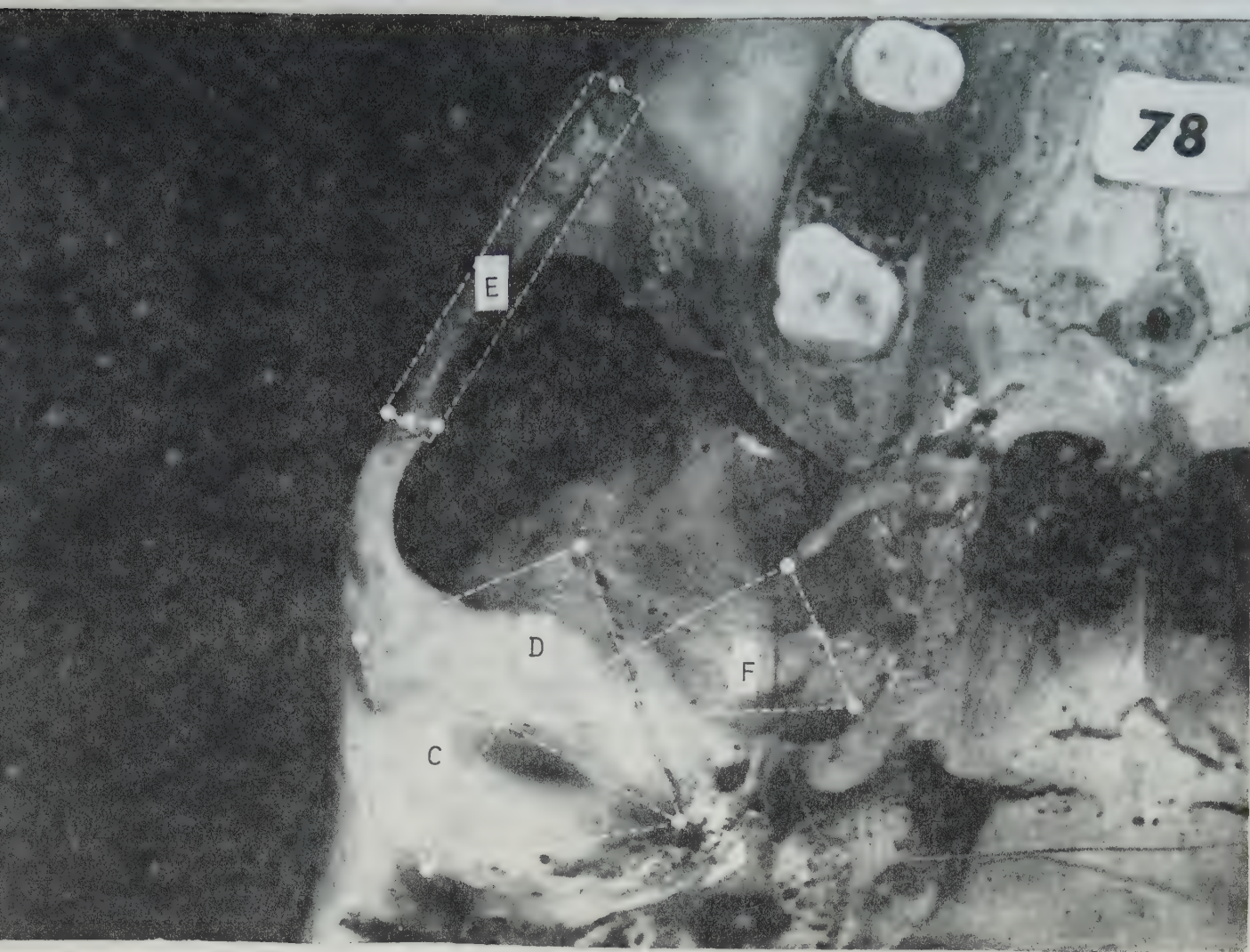
18. Hauteur de l'apophyse ptérygoïde (O-B) : elle se détermine du bout du crochet externe de l'aile externe de l'apophyse ptérygoïde au bord antérieur du trou ovale, à la base de l'apophyse. Cette mensuration prend en charge l'ensemble des insertions ptérygoïdiennes du muscle ptérygoïdien externe (BARON, 1973) (7).

19. Longueur du muscle ptérygoïdien externe (O-B) : dans le but de définir le mieux possible le muscle ptérygoïdien externe, nous avons tenté de représenter sa longueur en mesurant la distance de la droite abaissée du centre des diagonales du quadrilatère formé par les triangles glénoïdien et sous-temporal, sur la hauteur de l'apophyse ptérygoïde définie ci-dessus.

20. Largeur biastérique (C) (PLAZA, 1977) (117) : distance joignant les points Astérion droit et gauche. Elle est caractéristique de l'os occipital et de ses insertions musculaires.

Aucune mensuration du système dentaire n'a été réalisée, pour deux raisons :

- les nombreuses édentations présentées par les crânes étudiés,
- les insuffisances méthodologiques présentées par les échelles d'attrition classiques et constatées par la plupart des auteurs.



Photographie 4: Mise en evidence des aires articulaires et musculaires masticatrices (grossissement x2).

Legende:

- C- aire glenoidienne
- D- aire sous-temporale
- E- aire masseterine
- F- aire pterygoidienne externe

Toutes les mesures ont été utilisées de manière brute ; certaines regroupées sous la forme d'indices, ou prises comme éléments de calcul dans des formules mathématiques. D'autres enfin ont permis des constructions géométriques. Ceci pour donner des différents composants articulaires et musculaires de l'appareil masticateur, une image aussi représentative et fonctionnelle que possible.

Quatre types de transformations sont à signaler :

- calcul de la moyenne des mensurations droite et gauche de chaque crâne pour les mesures 7 à 19 comprises,
- calcul des indices pour les mensurations 3 et 4, quantifiant l'indice facial de longueur-largeur, et 5 et 6, quantifiant l'indice palatin (BLAND, 1975).
- calcul des aires articulaires et musculaires à partir des formules mathématiques suivantes :

- . les aires glénoïdienne et sous-temporale (Cf. photographie n° 4) (représentées par des triangles à trois côtés connus, dont la base commune est la mensuration 11, la largeur articulaire) ont été exprimées par les formules suivantes (HINTON et CARLSON, 1979) (68) :

$$\text{Aire glénoïdienne} = p (p-9) (p-10) (p-11) \text{ avec } p = \frac{9 + 10 + 11}{2}$$

$$\text{Aire sous-temporale} = p (p-11) (p-12) (p-13) \text{ avec } p = \frac{11 + 12 + 13}{2}$$

- . l'aire musculaire massétérine (représentée par un rectangle à longueur et largeur connues, occupant l'arcade zygomatique) a été calculée par la formule :

$$\text{Aire massétérine} = \underline{16} \times \underline{17}$$

- . l'aire musculaire ptérygoïdienne externe (représentée par un triangle à base et hauteur connues) a été exprimée par la formule :

$$\text{Aire ptérygoïdienne externe} = \underline{18} \times \underline{19} / 2.$$

- mesure du rayon du demi-cercle englobant les insertions musculaires des muscles postérieurs du cou, définissant ainsi l'aire musculaire nuquale : une construction géométrique a été nécessaire pour la détermination de cette donnée. Trois points craniométriques situés au bord de cette zone ont été utilisés : les points Astério droit et gauche (définis par la mesure 20) et le point Inion (point extrême de la protubérance occipitale externe - PETIT, MAIRE, HEINZ et Coll., 1970) (114).

Le centre du cercle est l'intersection des médiatrices des segments définis par ces points. Le rayon a été mesuré entre le centre du cercle et le point Inion et contrôlé avec les deux autres points.

9.3. ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse statistique réalisée a été uni et bivariate . Elle a été effectuée sur deux calculatrices :

- OLIVETTI P602 du Département des Sciences de la Terre de l'Université Claude Bernard de Lyon,
- HEWLETT PACKARD 19C du Service de Parodontologie de la Faculté d'Odontologie de Lyon.

L'analyse univariate des données a comporté les étapes suivantes :

- contrôle graphique de la normalité de distribution de toutes les variables par la méthode des fréquences cumulées (droite de Henry) (GELLER, 1975) (62).
- réalisation graphique des diagrammes de fréquence pour certaines variables caractéristiques.
- calcul de la moyenne, de l'écart-type et de l'erreur de la moyenne pour toutes les variables.
- calcul du coefficient de variation exprimé en pourcentage (SCHREIDER, 1967) (134) (délaissé pour les angles car non utilisable directement - CHARRON, 1972, 1974) (36) (37).
- amplitude de variation de la variable, par différence entre les valeurs supérieure et inférieure admises.
- test de différence entre les moyennes, appliqué aux mensurations bilatérales et aux échantillons mâle et femelle, afin de définir la significativité de la différence observée (SCHWARTZ, 1969) (137).
- analyse de variance pour définir la significativité de la différence observée en fonction de l'âge pour certaines variables (Documenta GEIGY, 1963) (163).

L'analyse bivariate des données a été réalisée sous la forme d'un tableau des corrélations entre certaines variables.

Dans toute l'analyse statistique, les symboles suivants, représentatifs de la valeur de la significativité ont été employés :

- NS (non significatif), si $p > 0,05$
- * (significatif), si $0,05 > p > 0,01$
- ** (très significatif), si $0,01 > p > 0,001$
- *** (hautement significatif), si $p < 0,001$.

_____. 0 ._____

CHAPITRE 10

Résultats et discussion

L'analyse statistique des données établies par l'étude biométrique nous a fourni un certain nombre de résultats portant aussi bien sur les caractéristiques articulaires que sur les possibles facteurs d'influence cranio-faciaux et masticateurs. La discussion des composantes morphologiques et des inter-relations entre toutes les variables réunies dans les tableaux 3 à 7 , repose sur la cohérence de leur valeur par rapport aux études précédentes et l'importance de leur association respective dans la définition de rapports musculo-articulaires harmonieux.

10.1. RESULTATS

Ils ont été rassemblés en cinq tableaux. Pour une meilleure compréhension de l'analyse statistique des données, nous envisagerons quatre chapitres :

10.1.1. Asymétrie bilatérale

Certaines des mensurations ont été effectuées bilatéralement sur l'ensemble des crânes, dans le but d'appréhender une meilleure connaissance des composantes de l'asymétrie cranio-faciale. Pour ce faire, nous avons eu recours à un test de différence entre les moyennes, pour vérifier si la différence observée entre la moyenne des mensurations droite et gauche de chaque variable était significative ou due uniquement aux variations d'échantillonnage.

Le tableau 3 expose ces résultats : seules deux variables, la longueur mastoïdienne et la hauteur de l'apophyse ptérygoïde montrent une différence significative entre les côtés droit (plus importants) et gauche ($p < 0,001$).

10.1.2. Paramètres statistiques classiques et variations sexuelles

Toutes les variables ont été soumises à une analyse statistique classique et à un test de différence entre les moyennes pour vérifier si l'écart observé entre la moyenne des mensurations des échantillons mâle et femelle de chaque variable était significatif ou dû aux seules variations d'échantillonnage.

Deux tableaux (tableaux 4 et 5) présentent les résultats de ces analyses :

- le premier (tableau 4) concerne les variables bilatérales déjà étudiées précédemment. Elles ont été transformées en données moyennes par calcul de la moyenne des mesures droite et gauche pour chaque crâne. Le choix de cette méthode a été guidé par deux faits :
 - . la méthode classique consistant à utiliser le côté gauche de manière préférentielle ne repose sur aucune étude approfondie,
 - . l'asymétrie importante représentée par deux variables.
- le deuxième (tableau 5) rassemble les variables non bilatérales et les variables résultant du calcul des indices, des formules mathématiques de surfaces articulaires et musculaires et de la construction musculaire nuquale.

Dans chacun des tableaux est ainsi indiqué, pour l'échantillon total de 149 crânes, la moyenne, l'écart-type, l'erreur de la moyenne, le coefficient de variation et l'amplitude de chacune des variables ; pour chacun des échantillons mâle et femelle, la moyenne et l'écart-type ainsi que la valeur de significativité de la différence sexuelle.

Il convient de noter, pour ce dernier point que :

- 7 variables ont une différence non significative ($p > 0,05$)
- 3 variables ont une différence significative ($0,05 > p > 0,01$)
- 2 variables ont une différence très significative ($0,01 > p > 0,001$)
- 15 variables ont une différence hautement significative ($p < 0,001$).

10.1.3. Variations avec l'âge

L'influence de l'âge sur les variables étudiées a été appréhendée par une analyse de variance. Ce test a été réalisé sur les 7 tranches d'âge déterminées dans l'échantillon total et a porté sur une sélection des variables. Les variables rejetées par rapport au choix de départ sont celles qui ont été incluses dans le calcul des indices, des formules mathématiques et dans la construction de l'aire musculaire nuquale. Deux mensurations ont fait exception, du fait de leur importance : la longueur et la largeur articulaires. Ce choix a été guidé par le souci de fournir l'image la plus fonctionnelle possible des composants articulaires et musculaires de l'appareil masticateur.

La valeur théorique de F_{143}^6 fournie par la table de Snedecor (Documenta GEIGY, 1963) (163) est de 2,10. La valeur des F calculés pour toutes les variables (tableau 6) est inférieure à la valeur théorique de F_{143}^6 : les différences observées au niveau de toutes les variables pour toutes les tranches d'âges sont donc non significatives. L'âge n'intervient pas dans la définition morphologique des variables étudiées.

10.1.4. Corrélations entre les variables

La calculatrice OLIVETTI P602 nous a permis d'établir le tableau des coefficients de corrélation entre les variables précédemment étudiées par l'analyse de variance. Seuls ont été retenus les coefficients de corrélation significatifs pour ce tableau 7. Les différents degrés de significativité nous sont donnés par la table de SCHWARTZ (1969) (137) :

- coefficient de corrélation significatif ($0,05 > p > 0,01$) si $r \geq 0,161$
- coefficient de corrélation très significatif ($0,001 > p > 0,001$) si $r \geq 0,210$
- coefficient de corrélation hautement significatif ($p < 0,001$) si $r \geq 0,267$.

	Unité	Côté	Moyenne	Ecart-type	Différence des moyennes	
Angle pétro-sagittal	degré	D G	53,95 53,62	4,24 4,23	0,33	NS
Angle pétro-tympanique	degré	D G	157,26 156,84	4,75 4,91	0,42	NS
Longueur articulaire	mm	D G	16,25 16,40	1,97 1,75	0,15	NS
Largeur Tubercule zygomatique postérieur - Epine du sphénoïde	mm	D G	18,96 19,23	2,11 2,19	0,27	NS
Largeur articulaire	mm	D G	25,87 26,22	1,92 1,81	0,35	NS
Longueur Tubercule zygomatique antérieur - Ligne sous-temporale	mm	D G	19,70 19,46	2,11 2,55	0,24	NS
Longueur Ligne sous-temporale - Epine du sphénoïde	mm	D G	19,93 19,97	2,55 2,28	0,04	NS
Longueur mastoïdienne	mm	D G	47,42 45,46	4,81 3,99	1,96	***
Largeur fosse sous-temporale	mm	D G	22,21 22,28	2,62 2,45	0,07	NS
Largeur arcade zygomatique	mm	D G	3,95 4,03	0,96 0,98	0,08	NS
Longueur de l'arcade zygomato-malaire	mm	D G	32,34 32,13	3,80 3,73	0,21	NS
Hauteur de l'apophyse ptérygoïde	mm	D G	14,55 13,70	2,38 2,23	0,85	***
Longueur du muscle ptérygoïdien externe	mm	D G	24,79 24,64	2,40 2,52	0,15	NS

Tableau 3: Mise en evidence de la symetrie bilaterale de certaines mensurations.

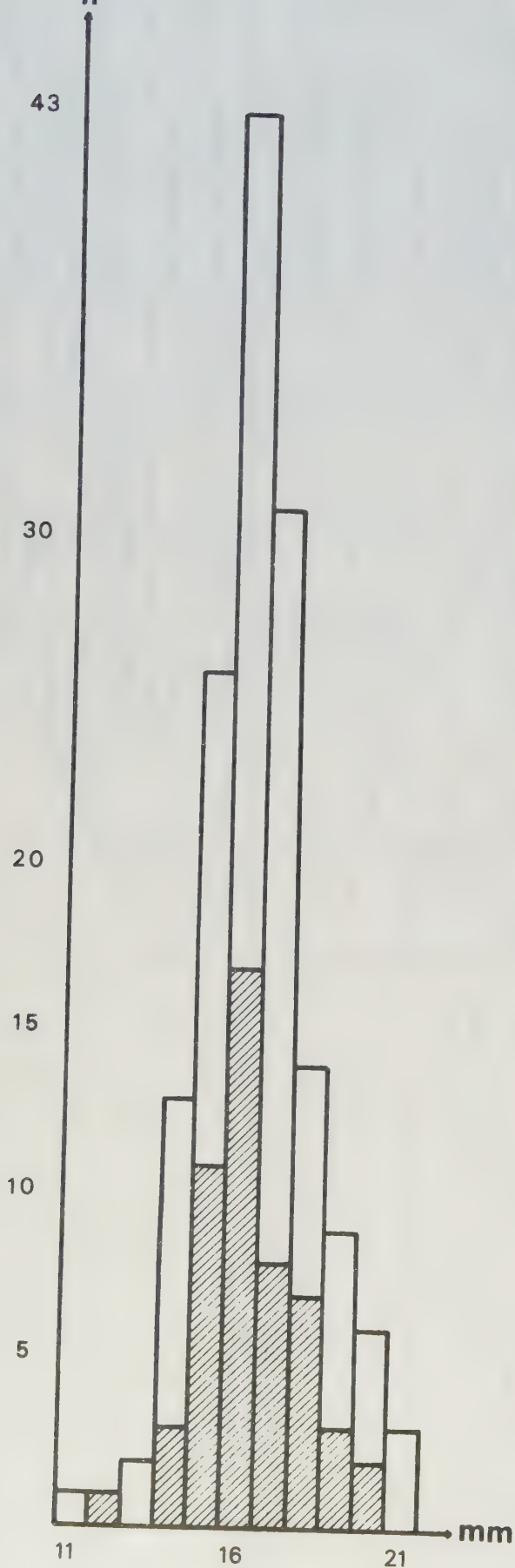
	Age	n											
	10-19 ans	20-29 ans	30-39 ans	40-49 ans	50-59 ans	60-69 ans	70-79 ans	F					
Largeur bistylo-mastoïdienne	83,50	83,32	84,35	85,43	84,70	83,52	83,00	0,53	mm				
Largeur maximale du crâne	137,33	138,45	140,71	140,90	141,65	139,38	139,17	0,80	mm				
Indice facial de longueur/largeur	72,83	72,36	72,19	71,33	70,00	70,24	69,83	1,15					
Indice palatin	77,50	73,23	71,65	72,50	74,43	77,76	76,50	1,73					
Angle pétro-sagittal	53,50	53,68	53,35	53,00	54,17	54,14	53,33	0,28	degré				
Angle pétro-tympanique	155,83	156,55	156,87	157,13	155,87	157,43	158,50	0,38	degré				
Longueur articulaire	16,33	16,27	16,42	16,65	15,96	16,67	16,00	0,53	mm				
Largeur articulaire	26,17	26,41	26,23	26,33	26,13	26,24	25,17	0,40	mm				
Aire glénoïdienne	158,83	154,36	152,61	159,23	151,26	152,43	152,33	0,51	mm2				
Aire sous-temporale	186,83	197,32	194,26	187,78	192,22	184,67	182,67	0,47	mm2				
Longueur mastoïdienne	45,50	43,50	46,00	45,75	45,70	45,48	45,33	1,02	mm				
Largeur fosse sous-temporale	21,00	21,64	22,03	22,15	22,87	22,95	23,33	1,28	mm				
Aire masséterine	138,83	127,59	131,26	130,20	137,26	129,00	123,50	0,18	mm2				
Aire ptérygoïdienne externe	162,67	175,86	176,52	167,10	165,48	155,67	179,00	1,15	mm2				
Rayon musculaire nuqual	66,33	65,91	65,26	64,50	64,78	65,86	59,33	1,03	mm				

Tableau 6: Analyse de variance pour déterminer l'influence de l'age sur certaines variables.

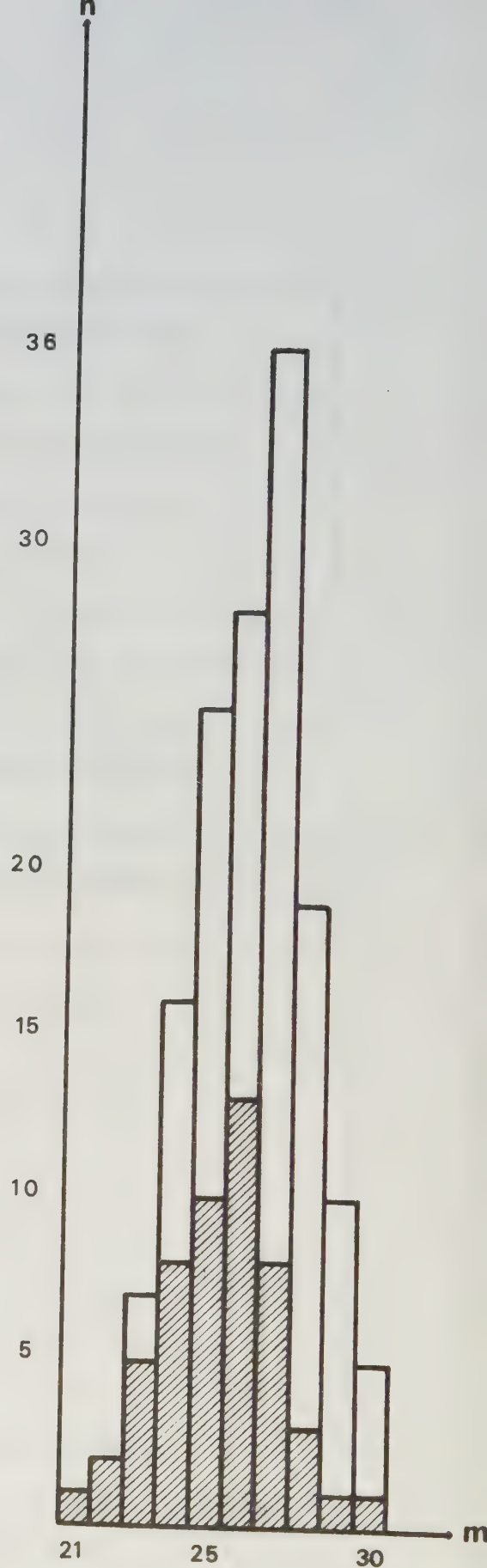
Moyennes

Largeur maximale du crâne	Indice facial de longueur/largeur	Indice palatin	Angle pétro-sagittal	Angle pétro-tympanique	Longueur articulaire	Largeur articulaire	Aire glénoïdienne	Aire sous-temporale	Longueur mastoïdienne	Largeur fosse sous-temporale	Aire masséterine	Aire ptérygoïdienne externe	Rayon musculaire nuquel	Largeur bistylo-mastoïdienne
0,574***	-0,245***		0,385***			0,268***	0,348***		0,377***	0,300***	0,295***	0,274***	0,334***	Largeur bistylo-mastoïdienne
	-0,383***					0,392***	0,351***	0,344***	0,251**	0,436***	0,390***	0,213**	0,347***	Largeur maximale du crâne
		-0,464***				-0,254**	-0,190*				-0,181*		-0,193*	Indice facial de longueur/largeur
													0,163*	Indice palatin
				0,446***					0,162*					Angle pétro-sagittal
						-0,234**								Angle pétro-tympanique
						0,343***	0,463***							Longueur articulaire
							0,435***	0,439***	0,263**	0,337***	0,332***		0,180*	Largeur articulaire
										0,181*				Aire glénoïdienne
										0,320***	0,327***	0,189*		Aire sous-temporale
										0,275***			0,260**	Longueur mastoïdienne
											0,214**			Largeur fosse sous-temporale
												0,178*		Aire masséterine
														Aire ptérygoïdienne externe

Tableau 7: Tableau de corrélations entre certaines variables étudiées. Les corrélations non significatives sont absentes du tableau.



Graphique 3: Histogramme de la longueur articulaire. Les parties hachurées représentent l'échantillon féminin.



Graphique 4: Histogramme de la largeur articulaire. Les parties hachurées représentent l'échantillon féminin.

10.2. DISCUSSION

10.2.1. Caractéristiques morphologiques de la structure articulaire temporale

Le caractère fonctionnel de notre étude expérimentale nous incite à envisager plus précisément deux structures anatomiques :

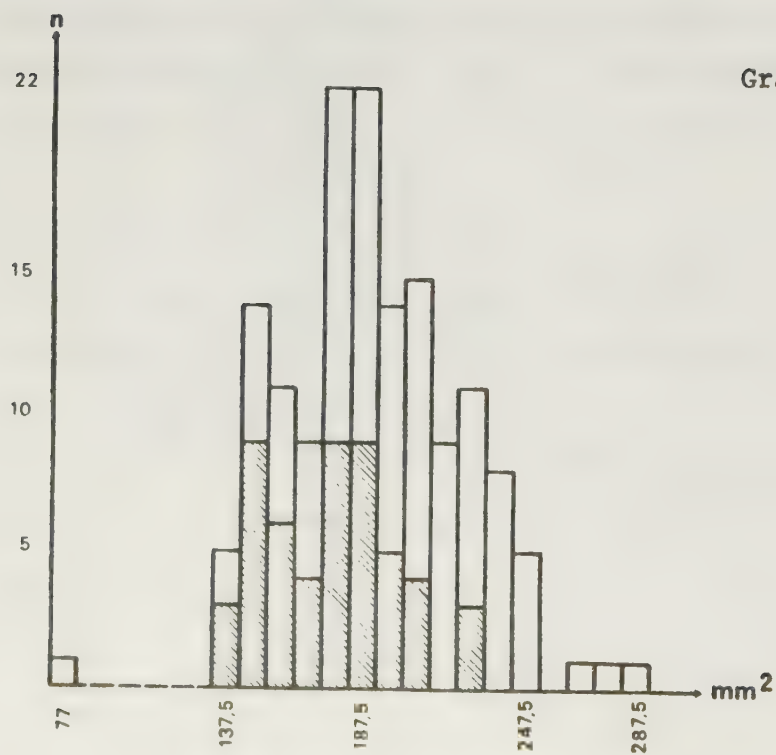
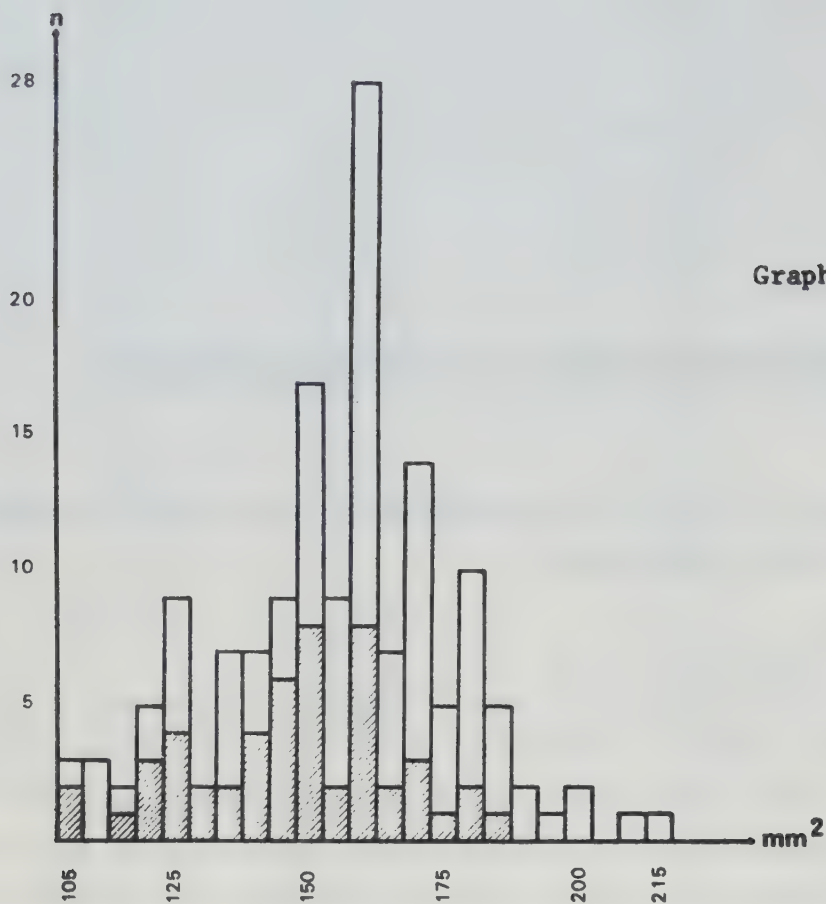
. La cavité glénoïde (graphiques 3, 4 et 5)

Première dimension caractéristique de la cavité glénoïde, la distance entre les deux tubercules zygomatiques (longueur articulaire) mesure $16,38 \pm 0,14$ mm en moyenne dans notre échantillon. Cette valeur correspond à celle calculée par HINTON et CARLSON en 1979 (68) à partir de leur échantillon chrétien nubien ($15,81 \pm 0,13$ mm). Les deux variables transversales de la cavité glénoïde présentent des moyennes de $26,23 \pm 0,14$ mm pour la largeur articulaire et de $19,20 \pm 0,18$ mm pour la largeur tubercule zygomatique postérieur - épine du sphénoïde. Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées par HINTON et CARLSON (1979) (68) qui sont respectivement de $22,26 \pm 0,17$ mm et $16,16 \pm 0,12$ mm. La raison de ces écarts pour les largeurs, opposés à la cohérence de la longueur, peut s'expliquer par une différence méthodologique du positionnement du point épine du sphénoïde. Concernant la longueur articulaire, il convient de signaler la valeur de 23,40 mm trouvée par MOFFETT (1974) (97), cet auteur ayant pris en compte, non des points craniométriques mais les limites d'insertion capsulaire. L'aire glénoïdienne, calcul synthétique des mensurations précédentes, va refléter leurs variations. La valeur trouvée dans notre échantillon ($154,65 \pm 1,73$ mm²) est supérieure à celle de HINTON et CARLSON (68) ($125,24 \pm 1,53$ mm²).

. Le triangle sous-temporal (graphique 6)

Cette structure n'ayant pas été l'objet d'études précédentes (hormis la largeur articulaire), nous nous contenterons de fournir les moyennes des dimensions et de l'aire synthétique :

- largeur articulaire : $26,23 \pm 0,14$ mm,
- longueur tubercule zygomatique antérieur - crête sous-temporale : $19,57 \pm 0,16$ mm,



- longueur crête sous-temporale - épine du sphénoïde : $19,95 \pm 0,18$ mm. Signalons que la longueur articulaire fournie par MOFFETT (1974) (97), tenant compte des insertions capsulaires, est supérieure à la valeur trouvée dans notre échantillon, soit 23,30 mm.
- aire synthétique : $191,97 \pm 2,48$ mm². Le triangle sous-temporal est donc plus étendu que la cavité glénoïde, caractéristique classique des Hominidés.

Les dimensions articulaires que nous avons obtenues apparaissent cohérentes par rapport aux études précédentes (aux variations d'échantillonnage près).

Le dimorphisme sexuel montré par les structures articulaires définies précédemment, est très marqué, les valeurs mâles étant plus fortes que les valeurs femelles. Il porte sur toutes les dimensions avec néanmoins deux particularités :

- la longueur articulaire se distingue par une absence de différence significative, déjà énoncée par HINTON et CARLSON (1979) (68).
- inversion du dimorphisme sexuel pour la longueur tubercule zygomatique antérieur - crête sous-temporale.

Le dimorphisme de la profondeur articulaire a été démontré par DEMIRJIAN (1967) (43) par une étude radiographique de LINDBLOM (1976) (89) et sur crânes secs par SEWARD (1976) (140).

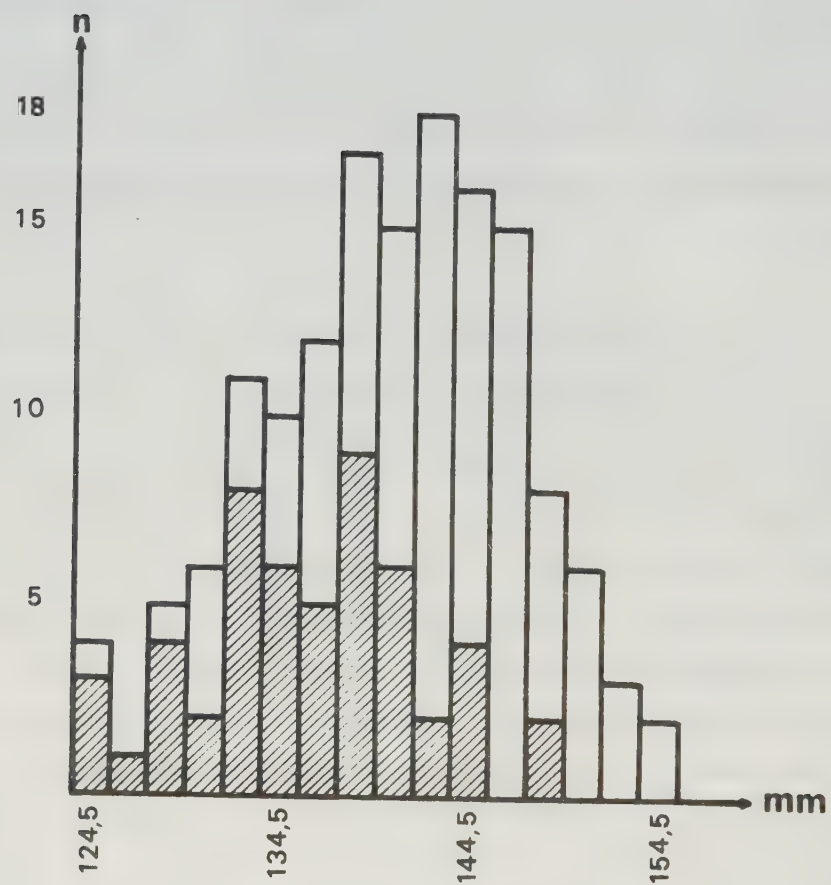
L'analyse du tableau des coefficients de corrélation n'en montre pas de significatives entre les aires glénoïde et sous-temporale, et cela, malgré leur limite commune : la largeur articulaire. Ces deux structures paraissent donc indépendantes. Les corrélations entre largeur et longueur articulaires et les deux aires, bien que hautement significatives ne doivent pas être prises en considération du fait de la possession d'un point craniométrique commun entre la longueur et la largeur, ou de la présence de la largeur comme un élément de calcul des surfaces (CHARRON, 1973) (27), (MOORE et LAVELLE, 1977) (103). Un point particulier est à signaler : alors que les autres composantes articulaires possèdent de nombreuses corrélations avec d'autres variables, la longueur articulaire est une valeur indépendante ; ce point déjà énoncé par HINTON et CARLSON (1979) (68) doit nous pousser ultérieurement vers une définition plus fine des causes de cet isolement biométrique original.

L'absence d'asymétrie bilatérale au niveau des composantes glénoïdienne et sous-temporale est à rapprocher de l'étude radiologique de QUIRCH et Coll. (1964) (121) et de celle de DEMIRJIAN (1967) (43) portant sur la profondeur de la cavité glénoïde. Par contre, KOUYOMDJISKY (1956) (83) fait part de l'existence d'une asymétrie, retrouvée par LINDBLOM (1976) (89) pour qui l'absence d'asymétrie serait un facteur prédisposant à la pathologie articulaire. Un fait supplémentaire est à apporter à cette discussion : BUYLE-BODIN et Coll. (1978) (31); en étudiant le condyle mandibulaire, dans ce même échantillon, ont démontré la symétrie dimensionnelle du condyle. Ces résultats divergents concernant l'asymétrie bilatérale seraient donc liés à des différences d'échantillonnage à antécédents dynamiques articulaires très variables.

L'absence de modifications biométriques avec l'âge, relevée dans cette étude, semble procéder du même type de mécanismes. La cavité glénoïde est déterminée morphologiquement à la fin de la croissance post-natale et n'évolue pas avec l'âge. Ce comportement contraste étonnement avec la morphologie condylienne : BUYLE-BODIN et Coll. (1978) (31) ont remarqué que le condyle mandibulaire, dans le même échantillon, augmentait en taille, aussi bien en largeur qu'en longueur, de manière significative ($0,05 > p > 0,01$). La dimension du condyle apparaît donc comme la structure subissant directement les réactions dynamiques articulaires, la cavité glénoïde ne s'adaptant que faiblement aux variations condyliennes. Pour DEMIRJIAN (1967) (43), sur crânes secs, deux critères glénoïdiens sont en relation avec l'âge : la profondeur augmente et la partie latérale (tubercule zygomatique antérieur) devient plus proéminente, du fait du remodelage osseux, voire de la pathologie. Par contre, par téléradiographies, LINDBLOM (1976) (89) a montré que la profondeur glénoïdienne régressait avec l'âge : observation conforme à celle de QUIRCH et Coll. (1965) (123). Les trois analyses précédentes, aux résultats contradictoires, mettent en évidence la nécessité d'utiliser des échantillons et des méthodologies différents et variés.

10.2.2. Facteurs susceptibles d'influencer la morphologie articulaire

Les facteurs d'influence de la morphologie articulaire ont été définis au nombre de cinq. Ils peuvent être représentés par une variable ou par un groupe de variables. Pour chacun d'eux, nous analyserons la cohérence des résultats obtenus



Graphique 7: Histogramme de la largeur maximale du crane.
 Les parties hachurées representent l'echantillon
 feminin.

avec ceux des autres études, puis, par l'analyse du tableau des corrélations, nous discuterons de la valeur des inter-relations entre ces facteurs et les quatre variables (longueur et largeur articulaires, aires glénoïdienne et sous-temporale) significatives de la morphologie articulaire.

10.2.2.1. La cérébralisation

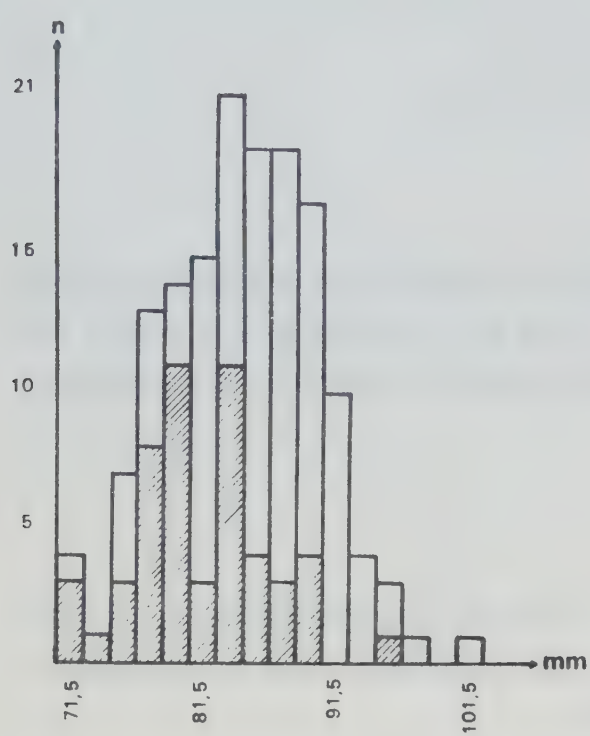
Elle est représentée ici par la largeur maximale du crâne (graphique 7). La moyenne de cette mensuration est de $140,24 \pm 0,55$ mm. Elle a souvent été faite sur crânes secs et on obtient les valeurs suivantes :

- 140,70 mm (700 crânes, SCOTT, 1953) (138),
- 125,00 à 175,00 mm : valeurs extrêmes pour OLIVIER (1960) (109) ; soit une amplitude de 50 mm, supérieure à la nôtre (30 mm),
- $141,27 \pm 0,68$ mm, avec une amplitude de 37 mm pour PLAZA (1977) (47) sur 129 crânes,
- 137,50 mm (98 crânes de race blanche, SCHULTER, 1976) (135).

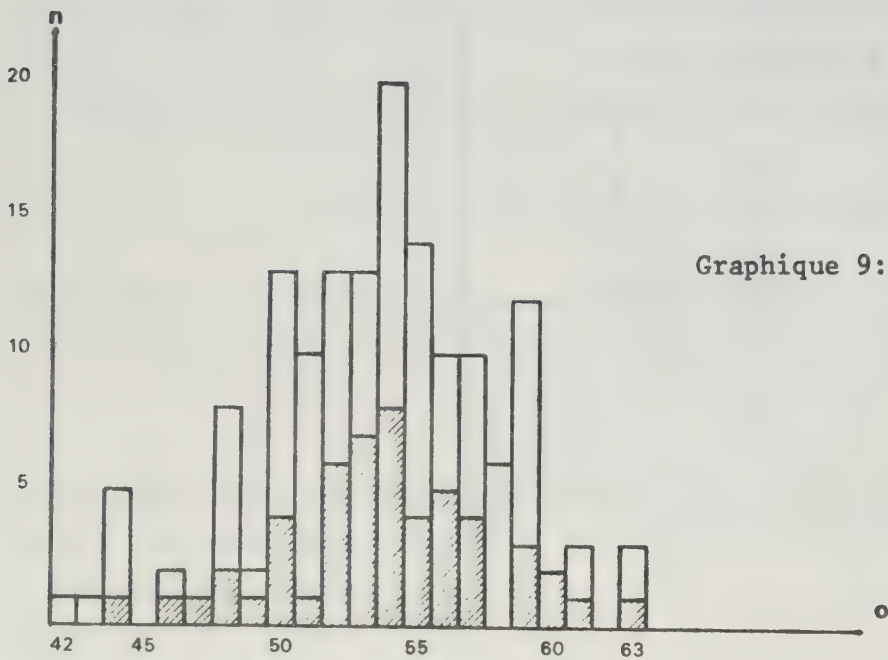
Notre échantillon apparaît donc cohérent par rapport aux études précédemment citées. L'existence du dimorphisme sexuel et l'absence de différence significative avec l'âge concordent ainsi.

Après examen du tableau des corrélations, on s'aperçoit que cette mensuration est en corrélation significative avec toutes les autres variables étudiées, à l'exception des angles de la base du crâne et de l'indice palatin. Ces résultats correspondent bien à ceux de SCHULTER (1976) (135) et de SCOTT (1953) (138) qui considèrent l'indice palatin comme partie intégrante de la morphologie faciale.

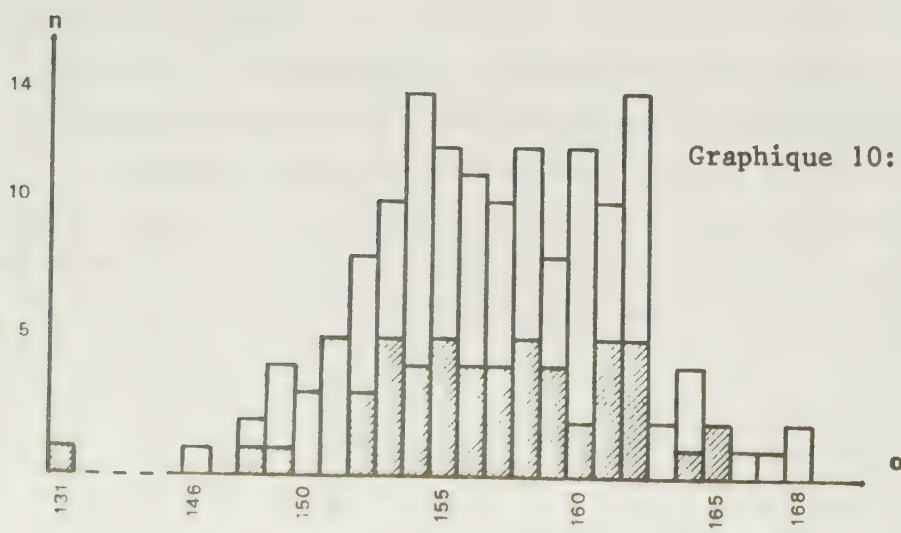
Les corrélations entre la largeur maximale du crâne et les variables articulaires sont toutes hautement significatives ($p < 0,001$) à l'exclusion de la longueur articulaire. Ce fait correspond bien à la phylogénèse de l'articulation temporo-mandibulaire, à son déplacement et à son élargissement dimensionnel consécutif à la cérébralisation (DUBREUIL et BUYLE-BODIN, 1977) (46). Ces fortes relations entre mensurations articulaires et neurocrâniennes ont été mises en évidence par DEMIRJIAN (1967) (43), HINTON et CARLSON (1979) (68) et WEDELL et Coll. (1979) (158).



Graphique 8: Histogramme de la largeur bistylo-mastoidienne. Les parties hachurées représentent l'échantillon féminin.



Graphique 9: Histogramme de l'angle petro-sagittal. Les parties hachurées représentent l'échantillon féminin.



Graphique 10: Histogramme de l'angle petro-tympanique. Les parties hachurées représentent l'échantillon féminin.

10.2.2.2. La base du crâne

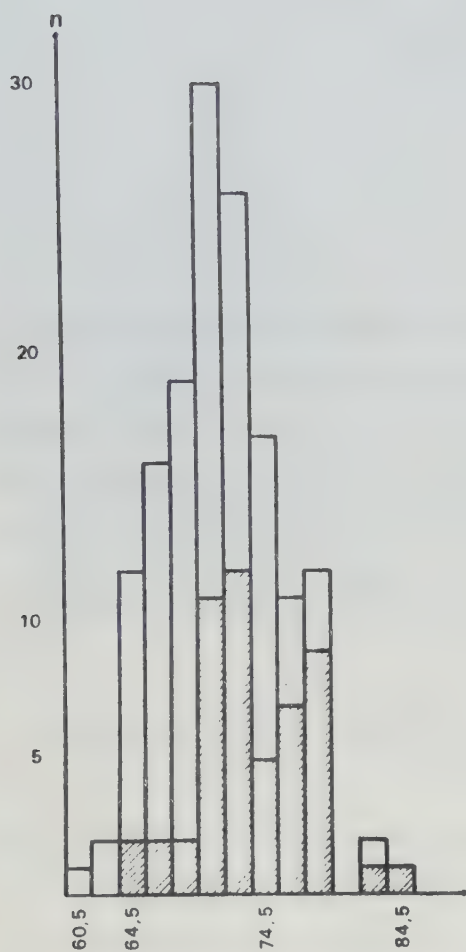
Trois paramètres quantifient la base du crâne : la largeur bistylo-mastoïdienne et les deux angles pétro-sagittal et pétro-tympanique (graphiques 8, 9 et 10). La largeur bistylo-mastoïdienne présente une moyenne de $84,34 \pm 0,45$ mm. Cette distance particulièrement étudiée par PETIT, MAIRE, HEINTZ (1966) (113) est un élément basi-crânien important délimitant phylogénétiquement le développement inférieur extrême du neurocrâne.

La valeur des angles est respectivement :

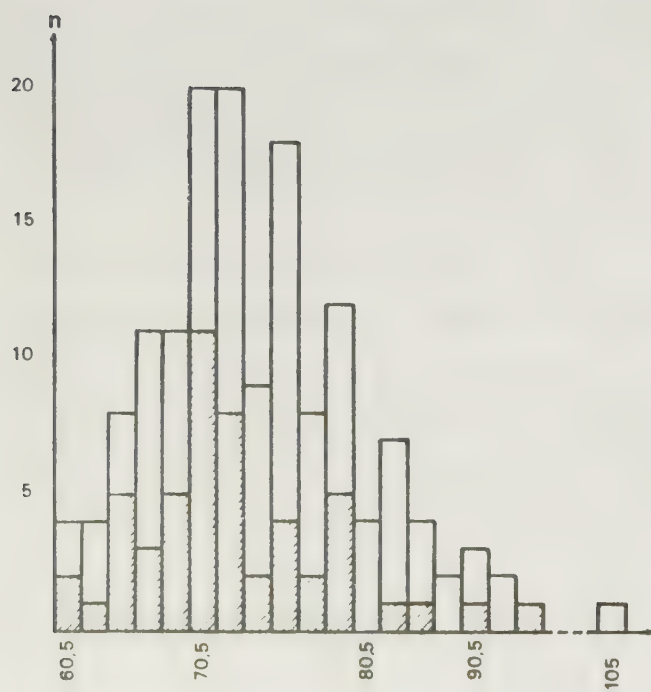
- $53,56 \pm 0,34^\circ$ pour l'angle pétro-sagittal ($52,60^\circ$ de moyenne pour l'échantillon de race blanche de SCHULTER, 1976) (135).
- $157,98 \pm 0,36^\circ$ pour l'angle pétro-tympanique ($147,40^\circ$ pour SCHULTER, 1976) (135). Cette valeur est inférieure à celle avancée par OLIVIER (1965) (110), égale à 170° ; ces différences s'expliquent par l'emploi de méthodes d'investigation différentes. Par contre, l'absence d'asymétrie latérale et de dimorphisme sexuel pour les angles et la présence du dimorphisme sexuel pour la largeur bistylo-mastoïdienne confirment la cohérence des résultats obtenus. Les angles pétreux apparaissent plus représentatifs de la stabilité basicrânienne que la largeur bistylo-mastoïdienne (SCHULTER, 1976a) (135), cette dernière, délimitée par deux orifices situés, comme les cavités glénoïdes, aux frontières de la base du crâne, subissant d'autres influences que celles fournies par la seule définition génotypique (PETIT MAIRE HEINTZ, 1966) (113), (LIMBORGH, 1970) (88), (SCHULTER, 1976 a et b) (135) (136).

Le tableau des corrélations signale un certain nombre de points importants :

- l'absence constante de corrélations significatives avec la longueur articulaire,
- la présence de corrélations hautement significatives ($p < 0,001$) entre la largeur bistylo-mastoïdienne, la longueur articulaire et l'aire glénoïdienne ; très significatives ($0,01 > p > 0,001$) entre l'angle pétro-tympanique et la longueur articulaire.



Graphique 11: Histogramme de l'indice facial de longueur/largeur. Les parties hachurées représentent l'échantillon féminin.



Graphique 12: Histogramme de l'indice palatin. Les parties hachurées représentent l'échantillon féminin.

- l'absence totale de corrélations significatives entre la distance et les deux angles basi-crâniens et l'aire sous-temporale, fournissant un élément supplémentaire dans la distinction entre les deux aires articulaires.
- la pléthore de corrélations significatives entre la distance bistylo-mastoïdienne et la plupart des valeurs étudiées, contrastant avec la rareté des corrélations rattachées aux angles pétreux. Ce fait confirme l'aspect strictement basi-crânien de ces deux données.

L'analyse anatomique réalisée par SCHULTER (1976a) (135) montre que les variations évolutives des angles basi-crâniens se réalisent sans affecter la morphologie glénoïdienne. Elle semble donc naître, en partie, du génotype basi-crânien alors que l'aire sous-temporale, essentiellement représentée par la racine transversale du zygoma est sans relation avec la base du crâne.

10.2.2.3. L'architecture faciale

Nous avons choisi deux critères de définition faciale : l'indice facial de longueur-largeur et l'indice palatin (graphiques 11 et 12) :

. L'indice facial de longueur-largeur présente une moyenne de $71,30 \pm 0,36$. Les deux structures intervenant dans cet indice sont :

- la longueur Basion-Prosthion ayant pour moyenne $91,23 \pm 0,44$ mm. Pour SCOTT (1953) (138), la moyenne est de 94,87 mm avec une amplitude de 24 mm (inférieure à la nôtre : 29 mm). Pour PLAZA (1977) (117), la moyenne est de $93,13 \pm 0,57$ mm, avec une amplitude de 33 mm.
- la largeur bizygomatique est de $133,83 \pm 0,75$ mm de moyenne. Les valeurs extrêmes de cette mesure sont de 100 et 160 mm pour OLIVIER (1960) (109). Pour SCOTT (1953) (138), elle est de 128 mm. Pour PLAZA (1977) (117), elle a une moyenne de $129,39 \pm 0,63$ mm avec une amplitude de 43 mm (inférieure à celle d'OLIVIER (109) et supérieure à la nôtre : 33 mm).

L'étude de ces paramètres montre la cohérence de notre échantillon par rapport aux précédentes.

. L'indice palatin présente une moyenne de $74,25 \pm 0,59$. Il a été calculé à partir de deux variables :

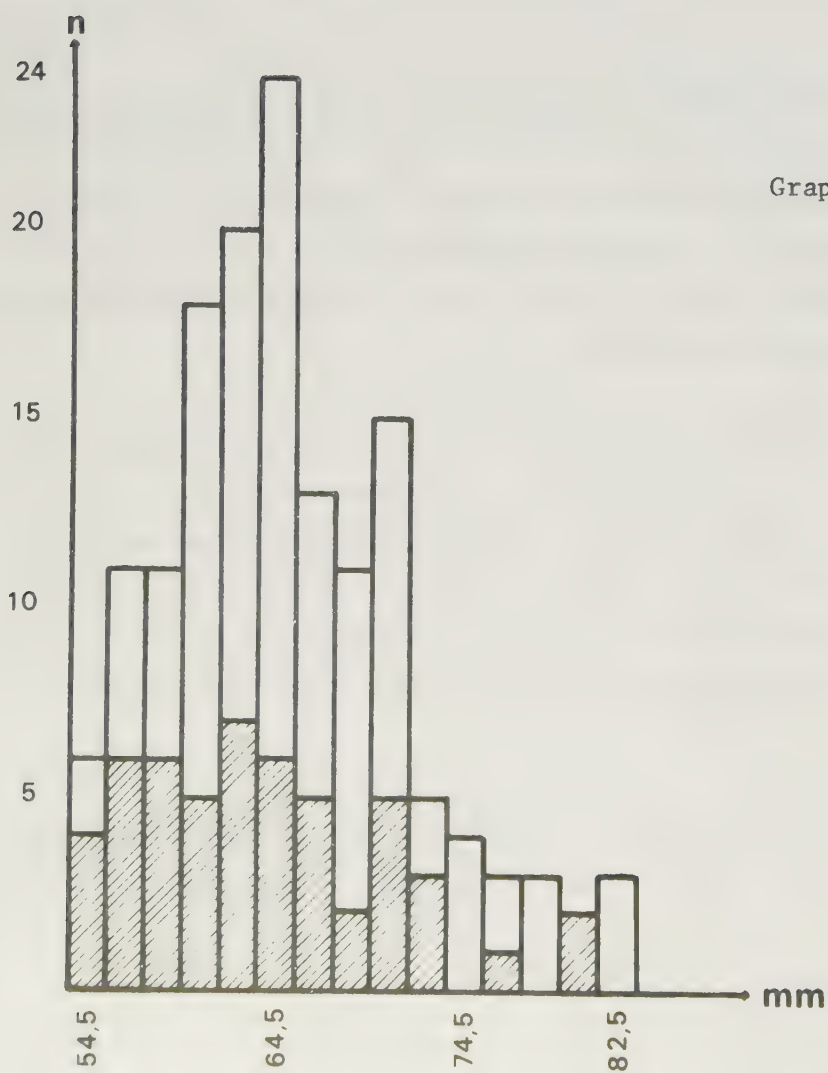
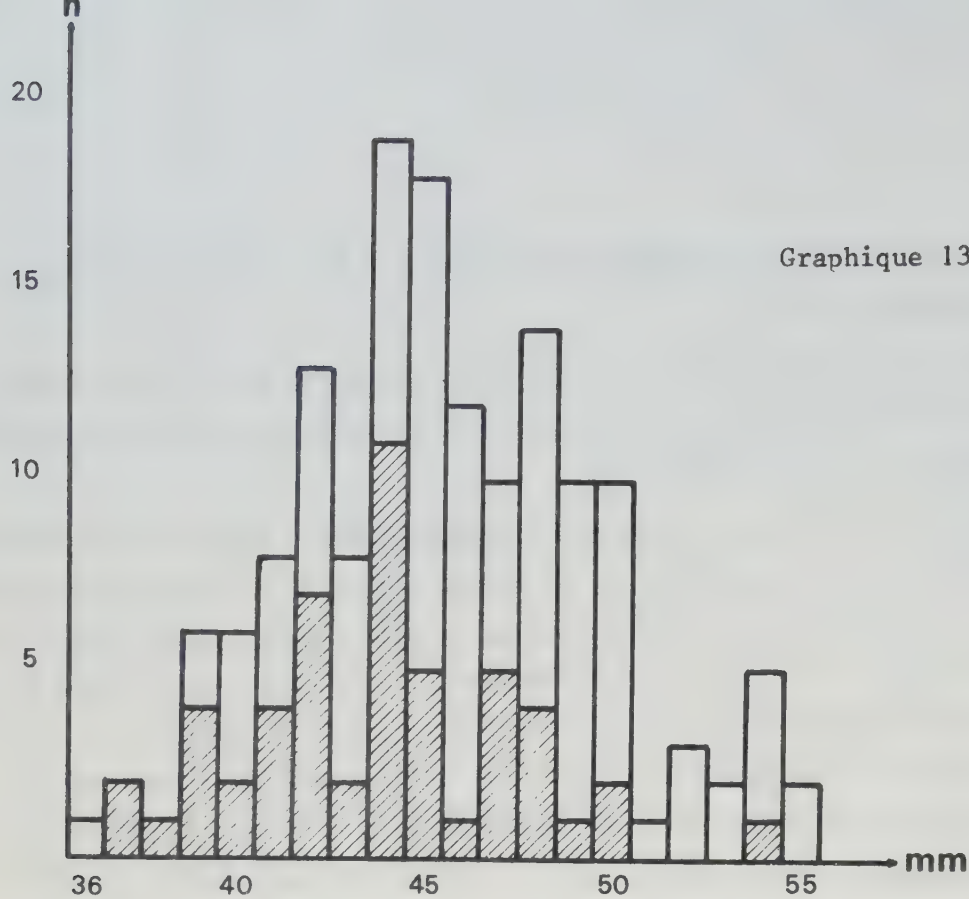
- la longueur palatine a une moyenne de $46,36 \pm 0,28$ mm. BLANC (1977) (22) trouve 44 mm sur 11 crânes. Cette valeur est inférieure à la nôtre du fait de la surestimation méthodologique de notre mensuration.
- la largeur palatine est de $34,42 \pm 0,24$ mm de moyenne. SCOTT (1953) (138) trouve 37,14 mm de moyenne avec une amplitude de 12 mm. Ce résultat est supérieur au nôtre du fait de la sous-estimation méthodologique de notre mensuration, malgré une amplitude très semblable (15 mm). Cette différence se retrouve dans l'étude de BLANC (1977) (22) qui indique une moyenne de 42,60 mm pour 11 crânes.

Nous constatons donc que la largeur palatine est supérieure à celle des autres alors que notre largeur est inférieure. Nous devons donc trouver un indice palatin légèrement inférieur à celui énoncé dans la revue bibliographique. OLIVIER fournit comme valeurs extrêmes, 80 et 85 en 1960 (109), et BLANC, 97,4 en 1977 (22). Compte tenu de la taille différente des échantillons étudiés, nos résultats sont donc cohérents.

L'amplitude du dimorphisme sexuel est très variable pour ces critères faciaux. La différence est hautement significative ($p < 0,001$) pour l'indice facial de longueur-largeur (avec une inversion du dimorphisme sexuel classique), la largeur bi-zygomatique et la largeur palatine ; très significative ($0,01 > p > 0,001$) pour l'indice palatin ; significative ($0,05 > p > 0,01$) pour la longueur Basion-Prosthion ; non significative pour la longueur du palais.

L'analyse du tableau de corrélations indique des relations légèrement significatives entre l'indice facial de longueur-largeur, la largeur articulaire et l'aire glénoïdienne. Par contre, il convient de noter l'absence de ce type de corrélations entre l'indice palatin et les mesures ci-dessus, et l'absence totale de corrélations significatives entre l'aire sous-temporale et les structures faciales. L'indice palatin, bien que très lié à l'indice facial ($p < 0,001$) est moins discriminatif que ce dernier.

Pour l'indice facial, la longueur Basion-Prosthion apparaît essentielle dans la structure faciale (PETIT MAIRE HEINTZ, 1966) (113). Elle sert de mesure du degré



de projection faciale par rapport à la colonne vertébrale et de dimension antéro-postérieure du pharynx (SCOTT, 1953) (138). La réduction de taille de la face est en relation avec une augmentation de la structure glénoïdienne (corrélations négatives), critère lié à l'évolution phylogénétique.

10.2.2.4. La stature crânienne sur la colonne vertébrale

Deux structures ont été choisies pour la définir : la longueur mastoïdienne et le rayon musculaire nuqual (graphiques 13 et 14), dans la construction duquel intervient la largeur biastérique. Ces éléments se présentent ainsi :

- la longueur mastoïdienne d'une moyenne de $45,39 \pm 0,32$ mm dans notre échantillon. DEMOULIN (1972) (44) trouve $46,26 \pm 0,40$ mm ; toutes mettant en évidence une asymétrie droite-gauche, avec côté droit plus important que le gauche, et un dimorphisme sexuel important ($p < 0,001$ dans notre échantillon).
- la largeur biastérique est de $106,21 \pm 0,48$ mm dans notre échantillon. Elle correspond à celle trouvée par PLAZA (1977) (117) qui est de $108,49 \pm 0,50$ mm, avec une amplitude de 28 mm, identique à la nôtre. Le dimorphisme sexuel de cette mesure est importante ($p < 0,001$).
- le rayon musculaire nuqual est de $65,02 \pm 0,51$ mm. Aucun dimorphisme sexuel n'est à noter.

Du point de vue des corrélations, elles apparaissent peu significatives et peu discriminatives. Il convient de noter la relation ($0,01 > p > 0,001$) entre mastoïde et muscles nuquaux, entre mastoïde et largeur articulaire ($0,01 > p > 0,001$) et entre cette même largeur articulaire et le rayon musculaire nuqual ($0,05 > p > 0,01$). Ces corrélations restent assez réduites car elles n'en provoquent pas d'autres entre structures musculaires responsables de la bipédie et aire glénoïde. Ces éléments musculaires paraissent donc plus étroitement liés à la morphologie cranio-faciale qu'à la morphologie articulaire temporo-mandibulaire.

En conséquence, on peut penser que l'influence de la bipédie sur les troubles dysfonctionnels de l'appareil masticateur est d'origine musculaire purement synergique et non morphologique. Le rôle de la posture crânienne sur la colonne vertébrale

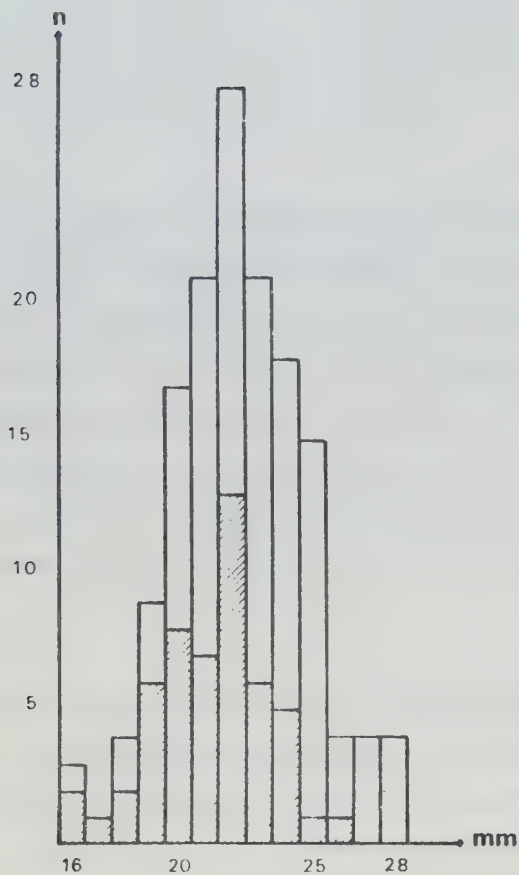
détermine des synergies entre les muscles nuquaux et sternocleïdo-mastoïdiens et les muscles masticateurs ; ceci mis en évidence par l'électromyographie (BRODIE, 1950) (26), (HALBERT, 1958) (66). Toute variation de la posture crânienne influe sur la posture mandibulaire et donc sur l'occlusion (MOHL, 1976) (99). A l'inverse, la bipédie n'intervient pas directement dans la morphologie articulaire et musculaire masticatrice : comme l'ont signalé les études phylogénétiques et les chapitres précédents, la réorganisation cranio-faciale consécutive à la bipédie (SOLOW et TALLGREN, 1976) (145) est directement en relation avec les caractéristiques morphologiques articulaires.

Pour SAKKA (1976) (132), l'asymétrie des insertions des muscles nuquaux se traduisant par une robustesse du côté droit par rapport au gauche, est typique de l'homme et des contraintes fonctionnelles du port de la tête. Cette asymétrie en faveur du côté droit, contrastant avec l'asymétrie inverse observée au niveau du corps mandibulaire dans le même échantillon par BUYLE-BODIN et Coll. (1978) (31) et celle au niveau de la base du crâne remarquée par THILLOY (1974) (152) dans une étude radiographique de 128 crânes, nous incite à des recherches plus approfondies de l'influence des synergies musculaires dans la définition de l'asymétrie cranio-faciale.

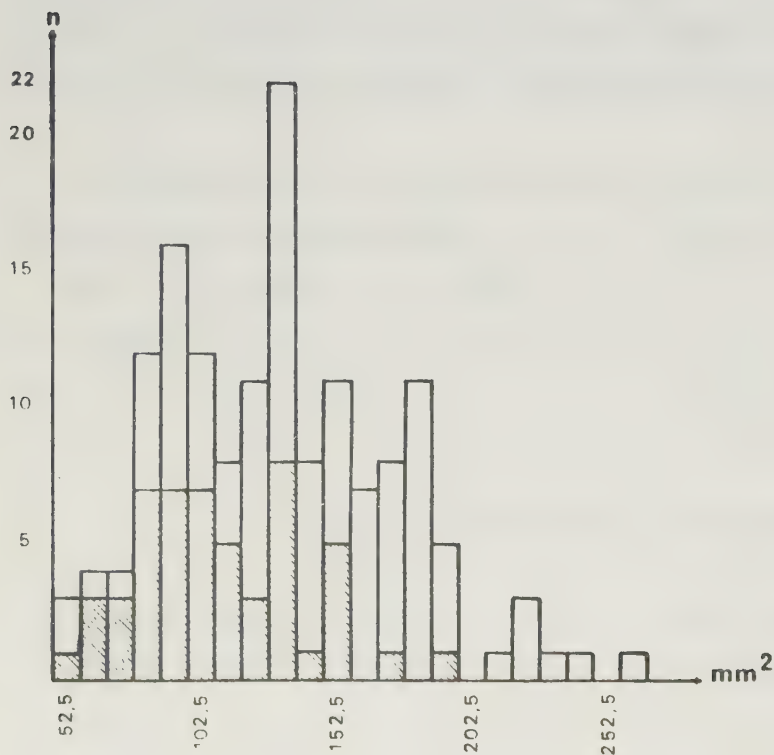
La relation topographique de l'apophyse mastoïde avec les muscles temporaux par l'intermédiaire de la crête sus-mastoïdienne, est bien déterminée par la corrélation ($p < 0,001$) entre longueur mastoïdienne et largeur sous-temporale et avec les muscles de la nuque par l'intermédiaire de la ligne courbe occipitale supérieure ($0,01 > p > 0,001$). Ce fait signalé par OLIVIER (1965) (110) va de pair avec la notion d'équilibre musculaire de la tête.

10.2.2.5. Les muscles masticateurs (graphiques 15, 16 et 17)

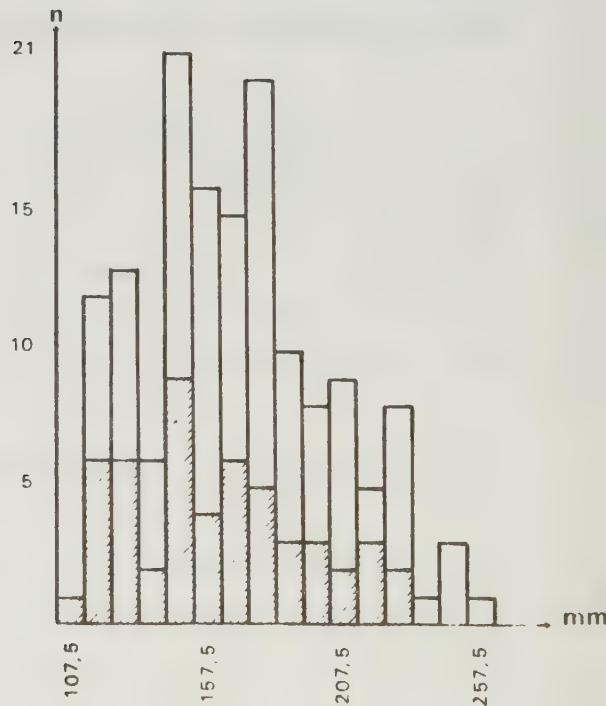
Nous avons envisagé trois muscles masticateurs : le temporal, représenté par la largeur sous-temporale ; le masséter, par la largeur zygomatique, la longueur zygomato-malaire et l'aire massétérine ; et le ptérygoïdien externe, par la hauteur de l'apophyse ptérygoïde, la longueur du muscle ptérygoïdien externe et l'aire ptérygoïdienne externe. Etudions chacune de ces composantes :



Graphique 15: Histogramme de la largeur sous-temporale. Les parties hachurées representent l'échantillon féminin.



Graphique 16: Histogramme de l'aire massé-térine. Les parties hachurées representent l'échantillon féminin.



Graphique 17: Histogramme de l'aire pterygoidienne externe. Les parties hachurées representent l'échantillon féminin.

. La moyenne de la largeur sous-temporale est de $22,27 \pm 0,19$ mm dans notre échantillon. Pour HINTON et CARLSON (1979) (68), elle est de $22,81 \pm 0,20$ mm, le dimorphisme sexuel étant aussi marqué que dans notre échantillon ($p < 0,001$). Outre les relations entre cette variable et les mensurations bistylo-mastoïdienne, bipariétale et mastoïdienne vues précédemment et caractéristiques de la position frontière de la fosse zygomatique entre base du crâne, neurocrâne et apophyse mastoïde, la corrélation essentielle hautement significative ($p < 0,001$) est celle qui existe entre la largeur et l'aire sous-temporales, l'aire glénoïdienne étant peu liée (malgré la largeur articulaire commune avec l'aire sous-temporale) avec la composante musculaire temporale. Ces conclusions rejoignent celles de SAKKA (1976) (132) qui définit le trou zygomato-temporal comme le résultat de l'action simultanée de la forme de la boîte crânienne et de la fonction musculaire temporale antérieure ; c'est cette fonction qui apparaît l'élément le plus important dans la corrélation avec l'aire sous-temporale.

. La moyenne de la largeur zygomatique est de $4,02 \pm 0,08$ mm, avec une amplitude de 5 mm. Le dimorphisme sexuel est marqué ($p < 0,001$). MAYER en 1965 (92), sur 40 crânes, a trouvé une moyenne de 3,70 mm avec une amplitude de 3,5 mm et a établi l'absence d'asymétrie de cette donnée. DEMOULIN (1972) (44), sur 58 crânes, a trouvé une moyenne de $3,61 \pm 0,10$ mm et a confirmé le dimorphisme sexuel. Pour HINTON et CARLSON (1979) (68), la moyenne est de $3,49 \pm 0,08$ mm avec un dimorphisme sexuel marqué ($0,05 > p > 0,01$). Les différences entre résultats s'expliquent par celles de la définition de la mesure : au niveau de la zone la plus épaisse de l'arcade zygomatique ou au niveau de la suture zygomato-temporale.

La longueur zygomato-malaire est de $32,06 \pm 0,31$ mm de moyenne et présente un dimorphisme sexuel marqué.

L'aire masséterine est de $131,03 \pm 3,36$ mm² et très marquée sexuellement. Le tableau de corrélations indique des relations topographiques conséquentes de l'évolution humaine entre l'arcade zygomatique et la face ($0,05 > p > 0,01$), entre l'arcade zygomatique, la largeur bistylo-mastoïdienne et la largeur maximale du crâne ($p < 0,001$) et des relations fonctionnelles entre l'aire masséterine et les autres muscles masticateurs. L'élément le plus remarquable de ce tableau de corrélations est la relation hautement significative ($p < 0,001$) entre l'aire sous-temporale et l'aire

masséterine (avec association de la largeur articulaire) et l'absence de corrélation significative entre ce muscle et l'aire glénoïdienne. Ce résultat est à rapprocher de celui obtenu pour la largeur sous-temporale.

. La hauteur de l'apophyse ptérygoïde est de $13,70 \pm 0,18$ mm de moyenne. S'il n'existe aucun dimorphisme sexuel, il faut rappeler l'asymétrie droite-gauche au profit du côté droit.

La longueur du muscle ptérygoïdien externe est de $24,66 \pm 0,20$ mm de moyenne, Aucune asymétrie latérale n'est à noter, le dimorphisme sexuel étant très discret ($0,05 > p > 0,01$).

L'aire ptérygoïdienne externe est de $168,79 \pm 9,94$ mm². Cette variable ne présente aucun dimorphisme sexuel, résultat cohérent après exposé des deux mensurations précédentes. Outre les relations privilégiées, démontrées par des corrélations, entre cette aire musculaire et la largeur bistylo-mastoïdienne ($p < 0,001$) et à un moindre degré ($0,01 > p > 0,001$) entre l'aire musculaire et la largeur maximale du crâne, il faut signaler la corrélation significative entre le muscle ptérygoïdien externe et l'aire sous-temporale ($0,05 > p > 0,01$).

Ce dernier élément, très important, nous permet de dire que seule l'aire sous-temporale est une réelle structure articulaire masticatrice fonctionnelle et que l'aire glénoïdienne est une simple structure de repos condylien mandibulaire, déterminée essentiellement par la morphologie cranio-faciale. La non significativité établie par DEMIRJIAN (1967) (43) entre caractéristiques glénoïdiennes (en particulier la profondeur) et morphologie de l'apophyse ptérygoïde externe s'explique par l'omission de cette différenciation fonctionnelle, bien qu'il ait mis en évidence la relation étroite existant entre certains caractères morphologiques musculaires masticatoires.

conclusions

En quelques mots, rappelons les conclusions essentielles de notre travail qui, comme on pouvait le soupçonner pendant notre exposé, appelle des développements ultérieurs que nous préciserons "in fine".

1. Nous avons présenté une étude biométrique de la structure articulaire temporo-mandibulaire supérieure en vue d'en définir les caractéristiques morphologiques et les facteurs l'influençant.

2. Une analyse de la "norma inferior" a été établie à partir de photographies standardisées de 149 crânes humains en mesurant vingt variables caractéristiques des structures cranio-faciales et en quantifiant certains facteurs susceptibles, selon des précédents auteurs, d'intervenir dans la définition morphologique articulaire.

3. L'originalité de notre étude réside, d'une part, dans la considération du triangle sous-temporal antérieur à la cavité glénoïde comme physiologiquement plus adapté à la fonction masticatoire, d'autre part dans la quantification des insertions musculaires masticatrices et nuquales.

4. Nous avons partagé l'analyse statistique en :

- observation des paramètres classiques permettant de situer l'échantillon par rapport aux études précédentes,
- établissement d'un tableau de corrélations afin d'évaluer les inter-relations des différentes variables considérées.

5. La symétrie révélée entre les côtés droit et gauche de la face inférieure des crânes n'existe pas pour deux variables : la hauteur de l'apophyse ptérygoïde externe et la longueur mastoïdienne.

6. Les résultats obtenus à partir des mensurations de nos variables sont en concordance avec ceux établis par différents auteurs. Les quelques variations observées trouvent le plus souvent leur explication dans des différences de méthodologie plutôt que dans des fluctuations d'échantillonnage.

7. La longueur articulaire semble être une composante singulière de la structure articulaire. Elle est un élément indépendant dans les rapports des variables étudiées.

8. La morphologie de la structure articulaire est correctement définie par les valeurs moyennes correspondant à celles précédemment établies par divers auteurs.

Le dimorphisme sexuel s'avère bien marqué. L'âge n'intervient pas dans la définition des variables étudiées.

9. L'analyse du tableau des corrélations illustre l'influence relative des facteurs étudiés sur la morphologie articulaire et démontre la nécessité de séparer deux structures d'origine et de destinée différentes :

- la cavité glénoïde, structure de repos articulaire, possédant une morphologie directement corrélée avec la base du crâne, le neurocrâne ($p < 0,001$) et la face ($0,01 > p > 0,001$), et indirectement avec les structures musculaires responsables de la statique crânienne sur la colonne vertébrale par l'intermédiaire des facteurs précédents.
- la structure sous-temporale, réelle structure fonctionnelle masticatoire de la partie supérieure de l'articulation temporo-mandibulaire, et étroitement corrélée avec les muscles masticateurs temporal, masséter ($p < 0,001$) ; et ptérygoïdien externe ($0,05 > p > 0,01$).

10. Enfin, ce travail permet de fournir de nouvelles réflexions sur l'étiopathogénie des troubles de l'appareil masticateur, d'atténuer la polarisation clinique actuelle sur la cavité glénoïde, de montrer l'intérêt des radiographies frontales (plutôt que latérales) des articulations temporo-mandibulaires en vue d'un diagnostic plus sûr, et de développer la recherche anthropologique en fournissant de nouvelles bases à la définition de l'appareil masticateur dans la réorganisation cranio-faciale de l'Hominisation.

Dans une optique prospective, il apparaît évident, grâce aux bases que nous avons établies, qu'il serait important de prolonger nos études par :

- par l'étude de l'influence des synergies musculaires, lever les contradictions de la littérature sur la symétrie cranio-faciale quant à sa genèse,
- préciser l'importance et la raison de la singularité de la longueur articulaire,
- développer des méthodes adaptées en vue de relier nos études à des critères dentaires appropriés.

ANNEXE

Tableaux des données

Crânes étudiés (codification du muséum)	Code, sexe et âge	Largeur bi-stylo- mastoidienne	Longueur palatine	Longueur palatine	Angle petro-sagittal	Angle petro-tympanique	Longueur articulaire	Longueur tubercule pos- térieur - épine du sphénoïde	Longueur articulaire	Longueur tubercule an- térieur - ligne sous- temporale	Longueur épine sphéno- idale - ligne sous-tempo- rale	Longueur mastoidienne	Longueur sous-temporale	Longueur arcade zygomatique	Longueur zygomato- malaire	Hauteur apophyse ptérygoïde	Longueur muscle pté- rygoïdien externe	Longueur diastérique	Indice facial de longueur/largeur	Indice palatin	Aire glénoïdienne	Aire sous-temporale	Aire massétérine	Aire,ptérygoïdienne externe	Rayon musculaire nuquel			
	CSA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	A	B	C	D	E	F	G
A 1	223	89	140	94	123	47	38	63	162	19	25	24	16	17	42	22	3	32	17	26	116	76	81	214	136	96	221	61
A 2	224	77	132	95	120	48	35	49	149	18	15	24	18	21	44	26	3	32	13	23	102	79	73	135	183	96	150	66
A 3	269	84	136	87	119	44	32	53	154	16	20	23	17	21	44	22	4	34	11	25	115	73	73	157	171	136	138	63
A 4	159	93	154	100	140	48	34	57	157	14	25	27	22	24	44	24	5	42	12	30	118	71	71	173	251	210	180	78
A 5	227	84	135	88	121	49	36	60	158	16	16	25	21	20	44	24	4	29	13	23	110	72	73	125	203	116	150	73
A 6	145	85	147	39	131	48	37	52	160	16	20	27	21	23	49	28	5	37	10	25	113	75	77	159	234	185	125	64
A 7	162	83	146	35	131	45	38	50	153	17	19	25	20	21	44	24	4	31	13	23	111	65	84	161	203	124	150	67
A 9	147	95	144	23	134	44	37	57	160	21	16	26	20	17	46	21	5	35	13	28	112	66	84	168	77	175	182	69
A 10	266	79	132	88	121	41	32	55	159	15	19	26	16	19	44	23	4	39	18	22	99	72	78	141	151	156	194	71
A 12	142	89	144	87	129	43	40	59	162	15	18	25	15	20	43	20	4	33	12	22	110	67	93	134	150	132	132	64
A 13	221	88	149	97	124	49	32	52	159	15	22	27	21	19	42	22	4	35	16	28	110	78	65	165	199	140	224	58
A 14	256	82	141	81	121	41	39	56	160	16	19	26	18	20	45	21	4	31	13	23	105	66	95	151	180	124	150	66
A 15	132	92	146	94	121	47	37	56	158	18	18	26	20	20	43	24	4	31	13	27	104	56	79	162	198	124	176	69
A 16	138	88	145	98	131	52	38	54	162	16	17	24	27	24	47	21	3	30	17	27	110	74	73	136	268	90	230	66
A 17	156	75	136	81	129	42	32	48	155	21	21	27	19	20	40	23	4	32	12	24	104	62	76	108	190	128	144	54
A 18	137	89	141	96	127	49	37	48	146	21	19	28	17	19	54	20	3	33	14	22	106	75	76	199	158	99	154	64
A 19	120	91	135	91	129	48	43	55	153	16	19	26	18	19	45	21	5	36	15	27	109	70	90	151	171	180	203	64
A 20	225	79	135	84	122	42	31	61	162	18	15	27	19	18	43	22	3	21	11	19	106	68	74	127	171	63	105	62
A 21	151	89	141	84	126	40	34	55	155	16	21	23	18	17	36	21	3	29	14	24	108	66	85	163	152	87	168	72
A 22	266	74	133	87	118	44	35	54	131	20	15	29	20	18	48	22	4	32	14	22	103	73	80	140	178	128	154	70
A 23	167	85	143	90	130	46	41	53	161	16	19	28	21	20	50	25	5	31	14	26	114	69	89	146	210	155	182	70
A 24	159	82	143	94	128	47	36	59	161	14	21	27	17	21	46	26	4	31	16	24	106	73	77	145	178	124	192	57
A 25	125	76	125	91	119	47	34	48	149	16	18	28	20	22	42	19	5	37	14	23	98	76	72	135	219	185	161	62
A 26	134	98	154	97	135	49	33	61	162	15	21	28	21	21	52	23	6	37	16	31	118	71	67	155	219	222	248	82
A 28	118	83	137	84	127	41	43	48	155	20	18	26	18	21	45	20	5	29	13	24	111	66	105	180	188	145	156	74
A 29	147	89	137	101	134	55	39	51	151	17	19	28	24	19	50	21	5	37	13	24	114	75	71	158	225	185	156	70
A 30	235	79	129	90	115	46	32	52	155	16	13	22	19	22	44	23	3	35	18	25	97	78	70	103	189	105	225	57
A 31	128	85	133	88	123	43	33	53	159	16	16	27	19	23	50	21	3	22	13	26	108	71	77	116	215	84	169	65
A 32	135	85	140	87	131	42	39	51	154	14	20	27	21	19	48	23	5	34	13	24	110	66	93	136	199	170	156	64
A 33	230	78	135	88	123	45	33	47	157	16	18	26	19	16	50	19	3	34	13	26	101	71	73	142	151	102	169	65
A 34	148	85	150	94	143	44	38	46	158	15	21	28	21	23	45	28	5	37	16	28	109	65	86	155	237	185	224	63
A 36	147	92	152	92	141	47	35	58	156	16	23	29	24	18	53	28	4	33	14	21	112	65	74	183	215	132	147	74
A 37	136	82	134	89	123	48	35	52	158	16	16	25	18	21	42	16	5	31	14	19	103	72	73	125	186	155	133	78

	CSA	1	2	3	4	5	6	7	8	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	A	B	C	D	E	F	G
A 38	246	87	142	84	120	44	31	50	153	18	19	26	20	21	41	23	5	34	12	21	107	70	70	171	206	170	126	71
A 39	239	89	147	103	130	56	36	57	158	16	22	26	19	21	44	24	3	28	13	24	104	79	64	175	197	84	156	67
A 41	128	83	146	93	124	48	33	50	157	16	21	27	20	21	48	21	5	31	12	24	115	75	69	168	208	155	144	74
A 42	141	88	138	96	125	53	33	54	157	16	22	27	19	26	40	21	4	35	16	28	107	76	62	176	235	140	224	64
A 43	161	89	150	98	137	54	33	59	160	17	19	28	21	24	46	24	5	37	12	27	111	71	61	158	245	185	152	75
A 44	141	82	147	83	128	43	32	50	152	14	21	27	20	19	39	22	4	28	15	23	108	64	74	145	190	112	173	63
A 45	243	83	125	85	120	43	33	59	157	17	18	26	22	17	45	19	3	28	11	22	105	70	77	152	185	84	121	65
A 46	232	84	139	96	125	50	34	54	156	15	23	28	19	21	44	23	4	28	16	26	108	76	68	172	199	112	208	62
A 47	153	77	143	94	131	47	35	56	150	17	18	29	22	22	45	24	5	30	13	25	108	71	74	124	240	150	163	68
A 48	234	75	131	90	117	46	33	54	162	16	20	23	19	21	40	19	4	30	13	23	98	76	72	157	187	150	150	56
A 50	118	94	143	98	132	48	35	54	162	17	18	26	20	18	49	20	6	37	14	27	115	74	73	152	180	222	189	70
A 51	146	87	135	98	123	45	34	54	151	13	18	25	18	22	42	22	3	31	15	25	108	79	76	112	179	93	188	65
A 52	268	79	126	88	121	42	36	53	155	18	15	27	19	21	48	17	4	30	14	24	104	72	86	127	199	120	168	59
A 53	131	91	143	86	132	46	35	57	152	18	17	27	21	20	48	23	6	37	14	24	114	65	76	150	208	222	168	78
A 54	257	95	149	101	143	52	41	52	148	18	19	30	22	21	48	24	5	38	12	28	115	70	79	162	231	190	168	72
A 55	229	80	133	92	122	44	33	53	154	16	18	25	22	16	41	25	4	24	12	24	104	75	75	144	174	84	144	60
A 56	129	86	134	94	133	48	34	59	163	15	20	27	22	22	43	22	5	33	17	27	112	70	71	148	235	165	230	61
A 57	238	87	140	84	128	42	29	51	155	18	18	26	20	19	38	20	3	31	13	31	107	65	69	162	189	93	202	56
A 58	216	78	128	89	112	45	32	56	153	15	20	24	16	18	44	21	3	25	12	22	102	79	71	149	144	75	132	59
A 59	254	77	138	93	126	50	32	33	151	17	17	25	21	21	44	22	4	32	13	22	105	73	64	144	211	128	143	68
A 60	234	78	125	87	118	44	35	53	155	19	20	25	16	17	48	20	2	32	15	21	102	73	80	187	135	64	158	81
A 61	120	85	136	89	132	45	31	52	156	17	19	27	21	20	45	22	3	32	17	24	107	67	69	160	208	96	204	61
A 62	159	87	146	96	128	48	35	52	150	15	16	24	18	24	54	22	3	29	9	27	108	75	73	118	200	87	122	73
A 63	153	84	137	90	128	41	35	44	150	16	20	25	20	18	41	20	3	27	11	26	107	70	85	160	178	81	143	65
A 64	247	76	124	94	121	48	30	56	157	17	18	28	22	21	42	21	3	25	10	23	96	77	63	147	228	75	115	56
A 65	142	84	142	93	129	50	36	50	153	17	16	25	19	21	45	23	4	30	15	22	113	72	72	135	195	120	165	68
A 66	128	79	133	92	127	47	37	44	149	16	20	25	24	28	40	23	4	33	15	26	101	72	79	160	281	132	195	65
A 67	146	94	147	93	140	47	37	58	159	17	23	29	20	25	50	23	6	40	18	24	110	66	79	195	246	240	216	65
A 68	127	91	146	97	132	51	32	57	162	17	22	30	22	21	49	22	5	34	10	28	110	73	63	184	231	170	140	65
A 69	155	82	140	84	119	45	30	55	160	17	20	26	20	17	43	20	3	30	13	23	108	70	67	170	170	90	150	61
A 70	153	89	143	88	131	46	32	56	159	16	21	28	19	21	46	21	3	30	13	29	118	67	70	167	199	90	189	71
A 71	146	82	147	93	139	50	33	44	151	19	20	30	22	21	44	21	5	25	14	24	106	66	66	187	231	125	168	63
A 73	162	80	142	92	129	47	37	58	166	14	20	25	23	21	42	22	4	31	14	17	108	71	79	140	225	124	119	60
A 74	143	75	146	80	122	38	34	42	149	17	20	28	18	21	41	19	3	32	10	24	98	65	89	168	190	96	120	66
A 75	166	87	131	90	123	46	31	51	155	14	18	25	18	19	45	21	5	33	14	25	101	73	67	123	170	165	175	60
A 76	232	84	137	89	127	46	35	56	156	15	20	27	19	20	41	18	3	33	13	24	104	70	76	148	190	99	156	58
A 77	174	86	139	96	131	44	33	51	155	18	19	28	21	21	50	25	4	32	12	25	99	73	75	169	219	128	150	59
A 78	236	81	138	88	119	46	32	54	162	16	20	26	18	17	54	19	2	31	15	23	103	73	70	160	152	62	173	70
A 79	247	86	131	98	119	52	37	54	158	16	16	23	17	18	49	20	3	31	16	26	96	82	71	128	152	93	208	58
A 80	144	86	144	90	135	46	37	51	156	17	19	27	17	21	54	24	4	37	11	27	100	66	80	160	178	148	149	69

A 81	149	91	147	91	132	45	31	50	154	18	20	27	22	18	49	24	4	34	19	21	111	58	69	180	189	136	200	66
A 82	140	86	145	97	134	49	42	51	161	16	19	27	20	18	46	25	2	30	14	27	103	72	86	149	180	60	189	60
A 83	243	83	141	86	123	40	36	55	155	17	19	25	20	17	46	21	4	26	11	22	107	69	90	161	189	104	118	67
A 84	270	78	135	90	117	44	30	48	162	16	15	22	18	18	39	20	3	30	12	24	96	76	68	120	157	90	144	54
A 85	150	82	139	91	128	45	31	50	155	15	20	27	20	22	47	18	5	36	14	26	112	71	69	148	217	180	182	62
A 86	224	90	141	92	129	47	32	54	161	17	21	27	20	18	45	19	4	34	18	24	111	71	68	178	180	136	216	61
A 87	239	85	133	86	122	43	30	55	157	15	16	24	17	17	47	20	4	33	10	25	102	70	70	118	144	132	125	65
A 88	140	88	131	95	122	49	33	50	152	20	16	27	16	21	44	18	5	36	15	25	104	77	67	159	168	180	188	64
A 90	260	84	129	87	124	45	33	52	158	16	15	24	18	16	42	22	3	32	14	19	96	70	73	118	144	96	130	54
A 91	244	84	141	90	127	46	35	53	153	16	21	28	18	21	42	22	3	31	13	25	103	70	76	167	189	93	163	60
A 92	226	81	139	89	119	45	36	48	152	17	19	25	22	22	39	18	3	29	13	27	105	74	80	161	226	87	176	62
A 93	147	90	149	93	134	45	36	51	158	15	21	27	20	20	48	22	3	24	13	27	111	69	80	157	199	72	172	62
A 94	230	76	134	90	123	45	32	50	159	15	16	25	18	20	47	20	3	34	10	28	90	73	71	114	178	102	140	57
A 95	246	83	144	93	124	43	31	52	154	14	21	24	20	22	37	19	4	38	14	28	111	75	72	146	206	152	196	64
A 96	140	87	148	99	136	55	40	59	168	17	19	26	23	22	45	25	7	37	15	27	107	72	73	161	239	259	203	64
A 97	245	90	144	98	128	53	32	53	153	18	18	26	20	16	44	24	4	34	15	22	112	76	50	162	180	136	165	66
A 98	141	101	152	84	134	40	34	58	164	18	19	24	19	15	49	20	5	35	14	25	118	62	85	169	142	175	175	68
d 85	257	80	138	91	116	51	31	53	153	12	18	23	18	22	43	22	4	34	14	27	106	78	61	107	185	136	189	69
d 86	173	81	144	94	137	46	36	49	148	16	17	28	21	23	44	25	5	32	15	30	105	68	78	122	237	160	225	64
d 87	224	85	137	94	127	48	32	56	158	16	19	26	21	17	45	21	4	31	12	25	102	74	67	151	178	124	150	63
d 88	136	81	138	95	131	48	34	50	151	17	21	28	20	21	45	25	5	35	18	23	110	72	71	109	210	175	207	59
d 89	133	80	142	88	126	48	29	52	168	18	18	27	21	17	43	21	5	30	11	23	102	69	60	161	178	150	127	55
d 90	142	81	142	84	126	42	31	44	162	17	21	25	18	18	44	20	3	34	10	27	98	66	74	177	162	102	135	71
d 92	218	79	138	88	122	45	32	54	161	15	20	25	20	19	42	20	4	28	13	28	106	72	71	150	187	112	182	62
d 93	256	79	138	90	125	48	34	54	156	16	23	25	20	18	45	22	3	24	17	25	102	72	71	180	178	72	213	65
d 94	140	83	137	96	134	46	39	50	160	16	18	25	20	19	53	22	3	29	17	27	99	71	85	144	187	87	230	67
d 95	218	84	137	92	116	45	31	57	152	15	20	27	14	20	47	21	3	28	15	23	103	79	69	148	136	84	173	72
d 96	138	85	148	90	132	48	31	57	158	15	23	27	19	20	48	25	5	35	11	26	108	68	65	172	190	175	140	56
d 97	145	86	138	91	120	47	33	59	163	17	20	26	20	14	45	19	5	28	13	20	106	75	70	170	138	140	130	59
d 99	266	80	136	90	128	47	38	57	164	14	21	26	19	17	39	24	4	32	10	26	106	70	81	147	161	128	130	63
E 1	159	87	143	97	138	47	34	54	158	17	21	27	23	19	49	28	4	34	14	26	105	70	72	178	215	136	182	59
E 2	166	87	148	90	130	46	38	55	160	16	19	24	19	21	52	25	4	32	17	22	99	69	83	152	191	128	187	70
E 3	143	91	137	108	130	58	37	54	154	16	21	28	19	24	49	27	2	26	11	24	108	83	64	167	225	52	132	67
E 4	161	92	147	88	137	42	34	57	156	19	19	29	19	19	46	27	5	34	12	24	115	64	81	178	178	170	144	62
E 5	233	78	145	91	121	45	33	55	154	16	16	25	18	22	40	23	2	24	17	22	103	75	73	125	193	48	187	71
E 6	135	82	150	99	133	49	35	54	158	15	20	27	20	20	41	27	4	36	16	27	112	74	71	148	199	144	216	61
E 7	225	71	138	89	116	47	31	46	152	14	20	24	17	18	39	16	4	28	16	24	95	76	66	140	150	112	192	57
E 8	158	88	144	101	141	52	35	51	154	19	21	30	19	19	42	25	5	39	15	28	112	71	67	198	175	195	210	64
E 9	248	77	128	93	110	48	34	52	161	15	18	23	18	19	37	20	3	27	15	24	100	84	71	134	166	81	176	55
E 10	150	86	146	90	132	48	35	55	156	11	19	23	24	22	47	21	3	35	16	25	104	68	73	104	228	105	200	63

	CSA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	A	B	C	D	E	F	G
E 11	142	86	152	87	134	48	33	56	159	14	23	28	20	21	48	23	5	38	14	25	113	64	69	180	210	165	175	68
E 12	168	86	150	89	129	47	38	55	160	19	20	29	18	20	49	23	4	34	15	20	114	68	81	189	178	136	146	77
E 13	228	80	138	86	122	43	36	60	159	16	20	27	18	17	42	22	4	37	13	26	109	70	84	159	150	148	127	77
E 14	137	93	150	96	130	49	33	54	154	17	19	26	19	21	48	23	4	34	14	25	112	73	67	161	197	136	175	66
E 15	127	87	151	91	134	48	37	63	161	16	22	30	24	21	44	24	6	31	19	27	118	67	77	171	250	186	257	71
E 16	132	77	144	98	125	48	35	54	155	15	22	26	21	26	51	25	5	38	14	26	106	78	73	165	250	190	182	68
E 17	133	91	148	105	139	52	33	55	156	17	21	28	20	23	48	24	4	32	18	27	118	75	53	178	227	128	243	65
E 18	175	88	144	82	127	42	33	55	164	15	22	25	21	18	46	22	4	31	13	24	108	64	77	164	186	124	153	60
E 19	132	90	140	94	132	50	37	54	154	16	20	27	20	19	48	23	5	39	16	27	102	71	74	159	190	195	212	57
E 20	154	84	143	99	127	48	31	58	152	14	18	25	18	21	46	22	5	33	14	25	107	77	65	123	186	165	175	59
E 22	132	91	145	106	134	50	36	53	151	17	19	29	20	21	47	25	4	33	18	25	105	79	72	154	210	132	252	76
E 23	164	84	139	94	125	46	37	53	157	17	21	26	22	20	46	24	5	37	14	25	106	75	76	178	214	185	175	61
E 24	146	90	143	94	130	45	41	61	161	15	19	26	20	21	55	26	4	31	11	21	107	72	91	141	206	124	113	68
E 25	124	83	145	91	128	46	31	48	154	14	22	26	19	23	41	23	4	34	14	23	108	71	67	154	212	136	161	82
E 27	153	87	147	97	136	48	37	54	157	19	19	27	18	20	45	26	4	36	11	23	108	71	77	180	180	144	127	66
E 28	160	96	149	98	137	50	36	51	156	20	19	28	21	22	47	27	3	31	11	30	113	71	72	190	228	93	162	62
E 29	163	88	142	77	127	41	34	59	164	15	20	25	17	18	44	25	2	24	15	24	115	60	83	150	153	48	180	83
E 30	224	83	145	84	124	45	32	50	155	17	18	27	18	18	44	21	4	29	13	23	104	67	71	150	161	116	150	80
E 31	249	71	133	88	111	47	31	59	165	15	18	21	18	19	41	16	4	26	11	22	100	79	66	132	159	104	121	54
E 32	139	78	147	90	131	45	32	48	157	16	21	27	23	21	48	22	6	30	10	26	97	68	71	168	234	180	130	50
E 33	240	72	132	87	118	42	27	44	155	20	16	26	17	19	50	22	5	31	15	22	94	73	64	160	161	155	165	60
E 34	151	88	142	90	130	47	36	58	162	16	20	25	16	19	52	24	5	33	10	24	109	69	77	160	152	165	120	65
E 35	163	90	141	91	133	47	41	59	167	17	19	26	19	20	48	20	3	33	12	26	103	68	87	161	189	99	156	70
E 36	166	72	130	88	116	46	34	43	154	13	19	24	18	19	42	21	4	28	14	27	97	75	74	123	169	112	159	62
E 37	144	82	140	92	133	47	38	53	160	19	22	29	22	18	45	23	4	29	16	25	100	69	81	209	199	116	196	60
E 39	135	89	145	85	130	45	34	56	153	16	20	27	21	21	43	23	5	29	14	22	106	65	76	159	217	145	154	70
E 40	158	89	139	93	134	49	34	59	162	15	21	26	20	18	50	25	6	39	12	25	104	69	69	157	180	234	150	62
E 41	232	79	134	94	119	48	31	50	160	19	18	26	19	19	47	22	3	28	10	24	95	78	65	171	180	84	120	64
E 42	173	76	130	82	119	39	31	54	162	14	22	24	18	17	39	23	4	35	14	24	96	68	79	186	153	140	168	56
E 43	156	77	133	88	127	41	34	53	154	16	20	27	18	20	50	24	5	33	13	26	101	69	83	159	180	165	169	60
E 45	164	78	139	91	123	43	35	51	154	20	18	29	20	21	45	22	3	31	10	23	104	73	81	178	210	93	115	56
E 46	149	82	129	88	119	45	32	55	160	18	18	24	18	16	40	22	4	33	15	26	104	73	71	161	144	132	195	62
E 47	118	83	141	88	131	45	34	52	152	16	22	29	24	25	46	24	5	39	12	24	99	67	76	174	286	195	144	61
E 48	250	86	133	79	123	42	32	57	161	17	17	24	20	18	47	23	3	33	12	20	95	64	76	144	176	99	120	59
E 49	141	88	141	86	126	46	37	55	153	17	20	27	17	19	55	22	3	31	16	26	105	68	80	170	160	93	208	71
E 50	175	89	143	91	129	45	37	63	160	17	18	24	17	17	54	25	3	33	18	26	105	70	82	153	144	99	234	63

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ANGEL J.L.- Factors in temporomandibular joint form.- Amer. J. Anat., 1948, 83, pp. 223-246.
2. ASHTON E.H. et ZUCKERMAN S.- The anatomy of the articular fossae in man and apes.- Am. J. Phys. Anthrop., NS, 1954, 12, pp. 29-61.
3. AUTISSIER M. et BELTRAMI I.- Données récentes en Anthropologie, en Anatomie comparée et leurs rapports avec l'Orthopédie dento-faciale.- Orth. Fr., 1949, 20, pp. 297-309.
4. BARBENEL J.C.- Analysis of forces at the temporomandibular joint during function.- Dent. Pract. Dent. Rec., 1969, 19, pp. 305-310.
5. BARGHUSEN H.R.- The origin of the mammalian jaw apparatus.- Communic. IXe Congr. Intern. Anat., Leningrad, 1970.
6. BARGHUSEN H.R.- The adductor jaw musculature of Dimetrodon.- J. of Paleontology.- 1973, 47, pp. 823-834.
7. BARON P.- Contribution à l'étude des muscles masticateurs humains : projection des faisceaux musculaires et de leurs moments sur les trois plans orthogonaux de référence en intercuspitation maximale.- (Thèse : Chir. Dent. ; Paris ; 1973).
8. BAUER A. et GUTOWSKY A.- Gnathology. Introduction to theory and practice.- Berlin, Die Quintessenz, 1976.- 532 p., ill.
9. BAUME L.J.- Le développement de l'articulation temporo-mandibulaire chez l'homme.- Rev. mens. suisse Odonto-Stomatol., 1963, 73, pp. 134-146.
10. BAUME L.J.- Développement de l'articulation temporo-mandibulaire.- E.M.C., 1965, 22005 E 10, 10 p., ill.
11. BAUME L.J.- Patterns of cephalofacial growth and development.- Int. Dent. J., 1968, 18, pp. 489-513.
12. BAUME L.J.- Cephalofacial growth patterns and the functional adaptation of the temporomandibular joint structures.- Trans. Europ. Orthod. Soc., 1969, 45, pp. 79-98.
13. BAUME L.J. et HOLZ J.- Ontogenesis of the human temporomandibular joint : 2. Development of temporal components.- J. Dent. Res., 1970, 49, pp. 864-875.
14. BENCH R.W.- Growth of the cervical vertebrae as related to tongue, face and denture behavior.- Am. J. Orthodontics, 1963, 49, pp. 183-214.
15. BERGMAN L.E. et HANSSON T.- Hard tissue changes of the temporomandibular joint in an archaeo-osteological material from the 11th century.- Swed. dent. J., 1979, 3, pp. 149-155.
16. BJORK A.- The face in profile. An anthropological X-ray investigation on Swedish children and conscripts.- Svensk. Tandlak. T., suppl. 40, Lund, Berlingska Boktryckeriet, 1947.- 180 p.

17. BJORK A.- Cranial base development.- Amer. J. Orthodont., 1955, 41, pp. 198-225.
18. BLACKWOOD H.J.J.- Cellular remodeling in articular tissue.- J. Dent. Res., 1966a, 45, pp. 480-489.
19. BLACKWOOD H.J.J.- Adaptive changes in the mandibular joints with function.- Dent. Clin. N. Amer., 1966b, 10, pp. 559-566.
20. BLACKWOOD H.J.J.- Histopathologic aspects of remodeling activity in the temporomandibular joint. In : SCHWARTZ L. et CHAYES C.M.- Facial pain and mandibular dysfunction.- pp. 102-109.- Philadelphie, Saunders, 1966c.
21. BLACKWOOD H.J.J.- Pathology of the temporomandibular joint.- J.A.D.A., 1969, 79, pp. 118-124.
22. BLANC A.A.- Etude dentaire et maxillo-faciale de la nécropole mérovingienne de Saint-Just à Lyon (France).- Trav. Doc. Centre Paleoanthrop. Paleopathol. UERBH Lyon, 1975, t. 2.- 170 p.
23. BRACE C.L.- Environment, tooth form and size in the Pleistocene.- J. dent. Res., 1967, 46, pp. 809-816.
24. BRIZON J. et CASTAING J.- Feuilletts d'anatomie : fascicule X : Ostéologie de la tête.- Paris, Maloine, 1953a.
25. BRIZON J. et CASTAING J.- Feuilletts d'anatomie : fascicule XII : Muscles du cou et du tronc.- Paris, Maloine, 1953b.
26. BRODIE A.G.- Anatomy and physiology of head and neck musculature.- Am. J. Orthodontics, 1950, 36, pp. 831-844.
27. BURCH J.G. et LUNDEEN H.C.- Mandibular movements of the monkey.- J. Prosth. Dent., 1971, 25, pp. 183-188.
28. BUYLE-BODIN Y. et DUBREUIL D.- L'acquisition des structures masticatoires chez les Reptiles mammaliens (étude préliminaire).- Journ. Biol. buccale, 1976, 4, pp. 91-108.
29. BUYLE-BODIN Y. et DUBREUIL D.- Apport de la paléoanthropologie à une meilleure connaissance de la physiopathologie articulaire temporo-mandibulaire.- XIIIe Colloque Assoc. Intern. Anthropol. Lang. Fr., Caen, 1979, pp. 152-158.
30. BUYLE-BODIN Y. et DUBREUIL D.- Phylogénèse de l'articulation temporo-mandibulaire.- (à paraître).
31. BUYLE-BODIN Y., DUPREZ J.P., DOURY J. et COUDERT J.L.- Influence of sex, age and edentulous situations on the mandible morphology.- Communic. IADR-CED, 15th Meeting, Utrecht, sept. 1978.
32. CARLSON D.S.- Temporal variation in prehistoric nubian crania.- Am. J. Phys. Anthropol., 1976, 45, pp. 467-484.

33. CARLSON D.S. et VAN GERVEN D.P.- Masticatory function and post-Pleistocene evolution in Nubia.- Am. J. Phys. Anthrop., 1977, 46, pp. 495-506.
34. CHALMERS I.M. et BLAIR G.S.- Is the temporomandibular joint involved in primary osteoarthritis ?.- Oral Surg., 1974, 38, pp. 74-79.
35. CHARLIER J.P., PETROVIC A. et HERMANN-STUTZMANN J.- Effects of mandibular hyperpropulsion on the prechondroblastic zone of young rat condyle.- Am. J. Orthodontics, 1969, 55, pp. 71-74.
36. CHARRON C.- La recherche globale des facteurs propres à la morphologie cranio-faciale par l'analyse factorielle.- Rev. O.D.F., 1972, 6, pp. 449-470.
37. CHARRON C.- La recherche globale des facteurs propres à la morphologie cranio-faciale par l'analyse factorielle (suite).- Rev. O.D.F., 1973, 7, pp. 109-129.
38. CHRISTENSEN L.V.- A review of the embryology of the human temporomandibular joint.- J. dent. Ass. S. Afr., 1975, 30, pp. 849-852.
39. CREPY C.- Anatomie cervico-faciale. vol. 1.- Paris, Masson, 1967.- 436 p., ill.
40. CROMPTON A.W.- The evolution of the mammalian jaw.- Evolution, 1963, 17, pp. 431-439.
41. DELAIRE J., FERRE J.C. et FAUCHER O.- Quelques observations cliniques et réflexions sur la croissance condylienne.- Actual. Odonto-Stomatol., 1970, 90, pp. 199-214.
42. DELATTRE A. et FENART R.- L'Hominisation du crâne étudiée par la méthode vestibulaire.- Paris, CNRS, 1960.- 418 p., ill.
43. DEMIRJIAN A.- A study of the morphology of the glenoid fossa.- Nat. Mus. Canada Bull., 1967, 206, V, pp. 1-25.
44. DEMOULIN F.- Importance de certaines mesures crâniennes (en particulier de la longueur sagittale de la mastoïde) dans la détermination sexuelle des crânes.- Bull. Mem. Soc. Anthropol. Paris, 1972, 9, pp. 259-264.
45. DOYLE D.E.- Embryology and evolution. In : MORGAN D.H., HALL W.P. et VAMVAS S.J. Diseases of the temporomandibular apparatus. A multidisciplinary approach.- Saint Louis, Mosby Co, 1977, pp. 3-14.
46. DUBREUIL D. et BUYLE-BODIN Y.- Rapports morphologiques entre l'articulation temporo-mandibulaire et les autres composants de l'appareil masticateur chez les Simiens catarrhiniens et les Hominiens.- Jour. Biol. buccale, 1977, 5, pp. 291-310.
47. DUBREUIL D. et PAQUELET B.- Cinématique de l'articulation temporo-mandibulaire.- (à paraître).
48. DUBREUIL D. et RABERIN B.- Notions actuelles sur la répartition des forces dans l'articulation temporo-mandibulaire.- Ann. Odonto-Stomatol., 1976, 33, pp. 25-30.

49. DU BRUL E.L.- Evolution of the temporomandibular joint. In : SARNAT B.G. The temporomandibular joint.- Springfield, Thomas, 1964, pp. 3-27.
50. DU BRUL E.L.- Origin and evolution of the oral apparatus. In : KAWAMURA Y. Frontiers of oral physiology (vol. I), pp. 1-30.- Basel, Karger, 1974.
51. DU BRUL E.L.- Early Hominid feeding mechanisms.- Am. J. Phys. Anthropol., 1977, 47, pp. 305-320.
52. DU BRUL E.L. et LASKIN D.M.- Preadaptive potentialities of the mammalian skull : an experiment in growth and form.- Am. J. Anat., 1961, 109, pp. 117-132.
53. ENLOW D.H.- The human face.- New-York, Harper and Row, 1968.- 303 p., ill.
54. ENLOW D.H. et MAC NAMARA J.A.- The neurocranial basis for facial form and pattern.- Angle Orthodont., 1973, 43, pp. 256-270.
55. ENLOW D.H. et MOYERS R.E.- Growth and architecture of the face.- J.A.D.A., 1971, 82, pp. 763-774.
56. FORGUE M.- Etude anatomique des articulations temporo-mandibulaires après l'âge de 60 ans.- Rev. mens. suisse Odonto-Stomatol., 1965, 75, pp. 680-696.
57. FRITEAU E.- Anatomie et physiologie.- Paris, Doin, 1923.- 920 p.
58. FURSTMAN L.- The early development of the human temporomandibular joint.- Am. J. Orthodontics, 1963, 49, pp. 672-682.
59. GASPARD M.- Essai d'analyse biomécanique comparative de la mastication chez les Carnivores, les Anthropoïdes et l'Homme.- Rev. fr. Odonto-Stomatol., 1976 a, 14, pp. 85-108.
60. GASPARD M.- Le problème de la "solidarité des constituants de l'appareil masticateur" à la lumière des acquisitions récentes de la myologie fonctionnelle.- Rev. Fr. Odonto-Stomatol., 1967 b, 14, pp. 785-804.
61. GASPARD M.- Les muscles masticateurs superficiels du Singe à l'Homme.- Paris, Maloine, 1972.- 290 p., ill.
62. GELLER S.- Abrégé de statistique à l'usage des étudiants en médecine et en biologie.- Paris, Masson, 1975.- 222 p., ill.
63. GINSBURG L.- Reptiles fossiles. In : GRASSE P.P. Traité de zoologie XIV (3), pp. 1161-1327.- Paris, Masson, 1970.
64. GOODSON J.M. et JOHANSEN E.- Analysis of human mandibular movement.- In : MYERS H.M. Monographs in oral science, vol. 5, pp. 1-80.- Basel, Karger, 1975.
65. GREENE C.S.- The temporomandibular joint syndrome.- J.A.M.A., 1973, 224, p. 622.
66. HALBERT R.- Electromyographic study of the head position.- J. Canad. D. A., 1958, 24, pp. 11-23.

67. HELLUY M.- Etude cinétique et dynamique du jeu mandibulaire dans l'abaissement et l'élévation simple.- Actual. Odonto-Stomatol., 1962, 58, pp. 147-180.
68. HINTON R.J. et CARLSON D.S.- Temporal changes in human temporomandibular joint size and shape.- Am. J. Phys. Anthropol., 1979, 50, pp. 325-334.
69. HOPSON J.A. et KITCHING J.W.- A revised classification of cynodonts.- Paleont. Africana, 1972, 14, pp. 71-85.
70. HOWELLS W.W.- Criteria for selection of osteometric dimensions.- Am. J. Phys. Anthropol., 1969, 30, pp. 451-458.
71. HOWELLS W.W.- L'Homme de Néanderthal.- La Recherche, 1974, 5, pp. 634-642.
72. HUFFMAN R.W., REGENOS J.W. et TAYLOR R.R.- Principles of occlusion.- Columbus, H. and R. Press., 1969.- 398 p., ill.
73. HYLANDER W.L.- The human mandible : lever or link ?.- Am. J. Phys. Anthropol., 1975, 43, pp. 227-242.
74. HYLANDER W.L.- An experimental analysis of TMJ reaction forces in Macaques.- Am. J. Phys. Anthropol., 1979, 51, pp. 433-456.
75. INGERVALL B.- Relation between height of the articular tubercle of the temporo-mandibular joint and facial morphology.- Angle Orthodont., 1974, 44, pp. 15-24.
76. JOHANSON D.C. et WHITE T.D.- A systematic assessment of early african hominids.- Science, janvier 1979, 203, pp. 321-330.
77. JOHNSON G.A.- Correlation of the cross-sectional area of the mandibular condyle to the glenoid fossa.- Am. J. Orthodontics, 1964, 50, p. 782.
78. KEMP T.S.- Origin of the mammal-like reptiles.- Nature, janvier 1980, 283, pp. 378-380.
79. KIVESKARI P.- Credibility of morphologic and psychologic theories of TMJ pain dysfunction aetiology.- J. oral Rehabilitation, 1978, 5, pp. 201-205.
80. KIVESKARI P.- Cusps or no cusps : that is not the question.- J. oral Rehabilitation, 1979, 6, pp. 311-316.
81. KOPP S. et ROCKLER B.- Relationship between radiographic signs in the temporo-mandibular joint and hand joints.- Acta. Odont. Scand., 1979, 37, pp. 169-175.
82. KOSKI K.- The finish female face in norma lateralis.- Trans. Europ. Orthod. Soc., 1964, 40, pp. 463-469.
83. KOYUUMDJISKI E.- The correlation of the inclined planes of the articular surface of the glenoid fossa with the cuspal and palatal slopes of the teeth.- J. dent. Res., 1956, 35, pp. 890-901.
84. KREUTZIGER K.L. et MAHAN P.E.- Temporomandibular degenerative joint disease. Part I : Anatomy, pathophysiology and clinical description.- Oral Surg., 1975, 40, pp. 165-182.

85. KROGMAN W.M.- Physical anthropology and the dental and medical specialties.- Am. J. Phys. Anthropol., 1976, 45, pp. 531-538.
86. LASKIN D.M.- Etiologie du syndrome "pain-dysfunction".- Inf. dent., 1977, 20, pp. 21-32.
87. LAUTROU A. et SERVIERE F.- Analyse critique de la conception occluso-fonctionnelle de d'Amico : données comparatives.- Cah. Proth., 1976, 13, pp. 59-80.
88. LIMBORGH J.V.- A new view on the control of the morphogenesis of the skull.- Acta Morph. Neerl. Scand., 1970, 8, pp. 143-160.
89. LINDBLOM G.- Observations on normal and abnormal temporomandibular joint function. In : ANDERSON D.J. et MATTHEWS B. Mastication, pp. 131-138.- Bristol, J. Whright et sons, 1976.
90. MAC NAMARA J.A.- Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region.- Am. J. Orthodontics., 1973, 64, pp. 578-606.
91. MARBACH J.J.- Arthritis of the temporomandibular joints.- Dent. Rad. Phot., 1969, 42, pp. 51-69.
92. MAYER R.- Recherches au sujet des variations dimensionnelles de l'arcade zygomatique.- Acta. Stom. Belgica, 1965, 62, pp. 375-380.
93. MAYNE J.G. et HATCH G.S.- Arthritis of the temporomandibular joint.- J.A.D.A., 1969, 79, pp. 125-130.
94. MILLS J.R.E.- Attrition in animals. In : POOLE D.F.G. et STACK M.V.- The eruption and occlusion of teeth, pp. 133-145.- Londres, Butterworths, 1976.
95. MINTZ V.W.- The orthopedic influence. In : MORGAN D.H., HALL W.P. et VAMVAS S.J.- Diseases of the temporomandibular apparatus. A multidisciplinary approach, pp. 197-201.- Saint-Louis, Mosby Co., 1977.
96. MITANI H.- Contributions of the posterior cranial base and mandibular condyles to facial depth and height during puberty.- Angle Orthodont., 1973, 43, pp. 337-343.
97. MOFFETT B.C.- The temporomandibular joint. In : SHARRY J.J.- Complete denture prosthetics, pp. 56-104.- New-York, Mac Graw Hill, 1974.
98. MOFFETT B.C., JOHNSON L.C., MAC CABE J.B. et ASKEW H.C.- Articular remodeling in the adult human temporomandibular joint.- Am. J. Anat., 1964, 115, pp. 119-142.
99. MOHL N.D.- Alterations in the temporomandibular joint.- Oral Surgery, 1973, 36, pp. 625-631.
100. MOHL N.D.- Head posture and its role in occlusion.- N.Y. State D.J., 1976, 42, pp. 17-23.
101. MOLNAR S. et WARD S.C.- On the hominid masticatory complex : biomechanical and evolutionary perspectives.- J. human Evol., 1977, 6, pp. 557-568.

102. MONGINI F.- Anatomic and clinical evaluation of the relationship between the temporomandibular joint and occlusion.- J. Prosth. Dent., 1977, 38, pp. 539-551.
103. MOORE W.J. et LAVELLE C.L.B.- Growth of the facial skeleton in the Hominoidea.- London, Academic Press, 1974.- 236 p., ill.
104. MOREL P.- L'anthropologie physique.- Paris, P.U.F., 1962.- 128 p., ill.
105. MOSS M.L. et SALENTIJN L.- The primary role of functional matrices in facial growth.- Amer. J. Orthodont., 1969, 55, pp. 566-577.
106. MOSS M.L. et SALENTIJN L.- The compensatory role of the condylar cartilage in mandibular growth : theoretical and clinical implications.- Dtsch. Zahn-, Mund-, u. Kieferheilk., 1971, 56, pp. 5-6.
107. MURPHY T.R.- The movement of translation at the temporomandibular joint as it occurs in mastication.- Brit. dent. J., février 1965, 118, pp. 163-169.
108. MURPHY T.R.- The effect of unilateral condylar hyperplasia on the attritional pattern in an australian aboriginal skull.- Dent. Pract., 1966, 17, pp. 124-130.
109. OLIVIER G.- Pratique anthropologique.- Paris, Vigot, 1960.- 475 p., ill.
110. OLIVIER G.- Anatomie anthropologique.- Paris, Vigot, 1965.- 487 p., ill.
111. PELLETIER M.- Anatomie maxillo-faciale.- Paris, Maloine, 1969.- 559 p.
112. PESKIN S. et LASKIN D.M.- Contribution of autogenous condylar grafts to mandibular growth.- Oral Surg., 1965, 20, pp. 517-534.
113. PETIT MAIRE - HEINTZ N.- Le crâne des Anthropomorphes : croissance relative, variabilité, évolution.- Mus. Roy. Afr. Cent., Tervuren (Belgique), 1966, n° 6, 122 p., ill.
114. PETIT MAIRE - HEINTZ N., DRICOT J.M. et D'ANS C.- Croissance comparative des parties sus et sous-iniaques de l'occipital chez l'Homme, les Pongides et les Singes Cynomorphes. Position des Hominidés fossiles par rapport aux formes actuelles.- CR. Acad. Sc. Paris (D), 1970, 270, pp. 1886-1889.
115. PETROVIC A.G.- Analyse biologique des processus de contrôle de la croissance post-natale de la mandibule et du maxillaire.- In : CHATEAU M. Orthopédie dento-faciale, vol. I : bases fondamentales, pp. 40-71.- Paris, Prélât, 1975.
116. PETROVIC A.G. et STUTZMANN J.- Le muscle ptérygoïdien externe et la croissance du condyle mandibulaire. Recherches expérimentales chez le jeune rat.- Orthod. Fr., 1972, 43, pp. 271-285.
117. PLAZA R.- Anthropobiométrie-praximétrie et taxinomie-paléontologie des collections crâniennes du Musée de l'Institut de Médecine Légale et de Criminologie Clinique de la Faculté de Médecine de Lyon.- D.E.S. Paléontologie-Anthropologie, Lyon, 1977.

118. POKRAS N.M.- Prevention of disease.- In : MORGAN D.H., HALL W.P. et VAMVAS S.J. Diseases of the temporomandibular apparatus. A multidisciplinary approach, pp. 454-459.- Saint Louis, Mosby Co., 1977.
119. POSSELT U.- Physiology of occlusal rehabilitation.- Oxford, Blackwell, 1962.- 383 p., ill.
120. PROVENZA D.V.- Fundamentals of oral histology and embryology.- Philadelphie, Lippincott, 1972.- 284 p., ill.
121. QUIRCH J.S., CARRARO J.J. et FRANCHI E.- Evaluacion clinica y radiometrica de la influencia de la occlusion sobre la morfologia temporo-mandibular.- Rev. Assoc. Odont. Argent., 1964a, 52, pp. 3-10.
122. QUIRCH J.S., CARRARO J.J. et FRANCHI E.- Influencia de la occlusion sobre la morfologia temporo-mandibular : il entrecruzamiento marcado con resalte compensador.- Rev. Assoc. Odont. Argent., 1964b, 52, pp. 174-176.
123. QUIRCH J.S., CARRARO J.J. et FRANCHI E.- Variaciones de la profundidad de la cavidad glenoidea de la ATM, de acuerdo con la edad.- Rev. Assoc. Odont. Argent., 1965, 53, pp. 71-73.
124. RAK Y.- The functionnal significance of the squamosal suture in Australopithecus boisei.- Am. J. Phys. Anthropol., 1978, 49, pp. 71-78.
125. RAMFJORD S.P. et ASH M.M.- L'Occlusion.- Paris, Prélat, 1975.- 414 p., ill.
126. RICKETTS R.M.- A study of changes in temporomandibular relations associated with the treatment of classe II malocclusion.- Am. J. Orthodontics, 1952, 38, pp. 918-933.
127. RICKETTS R.M.- Facial and denture changes during orthodontic treatment as analysed from the temporo-mandibular joint.- Am. J. Orthodontics, 1955, 41, pp. 163-179.
128. ROBERTS D.- The etiology of the temporomandibular joint dysfunction syndrome.- Am. J. Orthodontics, 1974, 66, pp. 498-515.
129. ROCZENWEIG D.- L'hyperfonction des muscles masticateurs dans le syndrome algodysfonctionnel de l'appareil masticateur.- Rev. Odonto-Stomatol., 1977, 6, pp. 487-494.
130. ROMER A.S.- The Chanares (Argentina) triassic Reptil fauna. V- A new chiniquodontid cynodont, Probelesodon lewisi, cynodont ancestry.- Brevoria, 1969, 333, pp. 1-24.
131. ROUVIERE H.- Anatomie humaine. Tome I : tête et cou.- Paris, Masson, 1978.- 608 p., ill.
132. SAKKA M.- Exocrâne des Australopithèques (valeur séméiologique). In : TOBIAS P.V. et COPPENS Y.- Colloque VI du IXe Congrès de l'Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques, Nice, septembre 1976.- Paris, CNRS, 1976.

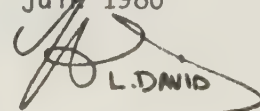
133. SAPPEY P.C.- Traité d'anatomie descriptive.- Paris, Delabarge et Lecosnier, 1888, 870 p., ill.
134. SCHREIDER E.- La biométrie.- Paris, P.U.F., 1967.- 128 p., ill.
135. SCHULTER F.P.- A comparative study of the temporal bone in three populations of man.- Am. J. Phys. Anthropol., 1976a, 44, pp. 453-468.
136. SCHULTER F.P.- Studies of the basicranial axis : a brief review.- Am. J. Phys. Anthropol., 1976b, 45, pp. 545-552.
137. SCHWARTZ D.- Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes.- Paris, Flammarion, 1969.- 318 p.
138. SCOTT J.H.- The variability of cranial and facial dimensions in modern skulls.- Brit. Dent. J., 1953, 94, pp. 27-31.
139. SCOTT J.H.- A contribution to the study of mandibular joint function.- Brit. dent. J., mai 1955, 98, pp. 345-348.
140. SEWARD F.S.- Tooth attrition and the temporomandibular joint.- Angle Orthodont., 1976, 46, pp. 162-170.
141. SHORE N.A.- Temporomandibular joint dysfunction and occlusal equilibration.- Philadelphie, Lippincott, 1976.- 376 p., ill.
142. SICHER H.- Oral anatomy.- Saint-Louis, Mosby Co., 1965.
143. SIMONS E.L.- L'origine des Hominidés.- La Recherche, 1979, 10, pp. 260-267.
144. SMITH R.J.- Mandibular biomechanics and TMJ function in Primates.- Am. J. Phys. Anthropol., 1978, 49, pp. 341-349.
145. SOLOW B. et TALLGREN A.- Head posture and craniofacial morphology.- Am. J. Phys. Anthropol., 1976, 44, pp. 417-436.
146. SPECK J.E. et ZARB G.A.- Temporomandibular pain-dysfunction : a suggested classification and treatment.- J. Canad. D.A., 1976, 42, pp. 305-310.
147. SPERBER G.H.- Cranio-facial embryology.- Bristol, J. Whright and sons, 1973.- 132 p., ill.
148. TAYLOR R.C., WARE W.H., FOWLER D. et KOBAYASHI J.- A study of temporomandibular joint morphology and its relationships to the dentition.- J. oral Surg., 1972, 33, 1002-1013.
149. TESTUD L.- Traité d'Anatomie humaine (tome I).- Paris, Doin, 1911.- 1052 p.
150. TESTUD L. et JACOB O.- Traité d'Anatomie topographique (tome I).- Paris, Doin, 1905.- 792 p.
151. THIELEMANN K.- Biomécanique de la parodontose.- Paris, Prélat, 1958.- 232 p., ill.

152. THILLOY G.- Etude anatomo-radiologique et céphalométrique de la base du crâne.- Rech. Clin. Odonto-Stomatol., 1974, 2, pp. 58-64.
153. TURNBULL W.D.- Mammalian masticatory apparatus.- Feldiana Geology, 1970, 18, p. 2.
154. VALLOIS H.V.- Ordre des Primates. In : GRASSE P.P. Traité de zoologie 17 (II), pp. 1854-2006.- Paris, Masson, 1955.
155. VAN DONGEN G.K.- The temporomandibular area in man in the stages of 50 to 80 mm CR length.- Netherl. dent. J. (suppl.), 1974, 81, pp. 30-49.
156. VAN DONGEN G.K.- The formation of the articular disc of the temporomandibular joint. A theoretic and hypothetic survey.- Netherl. dent. J. (suppl.), 1976, 83, pp. 11-20.
157. WARD S.C.- Form and function in primate jaws mechanics : an experimental analysis.- Ann Arbor, Michigan : University Microfilms, 1974.
158. WEDELL A., CARLSSON G.E. et SAGNE S.- Temporomandibular joint morphology in a medieval skull material.- Swed. dent. J., 1978, 2, pp. 171-187.
159. WEIDENREICH F.- The skull of Sinanthropus pekinensis, a comparative study on a primitive hominid skull.- Paleontologica Sinica N.S. D-10, Pékin, 1943.
160. WOLPOFF M.H.- Sagittal cresting in the South African Australopithecines.- Am. J. Phys. Anthrop., 1974, 40, pp. 397-408.
161. YALE S.H., ALLISON B.D. et HAUPTFUEHRER J.D.- An epidemiological assessment of mandibular condyle morphology.- Oral Surg., 1966, 21, pp. 169-177.
162. YUODELIS R.A.- The morphogenesis of the human temporomandibular joint and its associated structures.- J. dent. Res., 1966, 45, pp. 182-191.
163. Documenta GEIGY. Tables scientifiques.- Bale, Geigy, 1963.- 825 p., ill.

Le Président de la Thèse,

Vu et permis d'imprimer

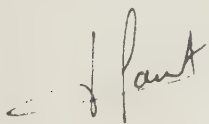
Lyon, le 17 juin 1980


L. DAVID

Le Président de l'Université Claude
Bernard Lyon I
Président du Comité de Coordination
des Etudes Médicales



Vu, le Directeur de la
Faculté d'Odontologie,



J. PARRET

IMPRIMÉ PAR L'ASSOCIATION DES ÉTUDIANTS
EN CHIRURGIE DENTAIRE DE LYON

17, rue Cavenne

69007 - LYON

BUYLE-BODIN (Yves). — Etude biométrique de la cavité glénoïde et de quelques facteurs influençant sa morphologie. — 103 f., ill., graph., tabl., 30 cm. — (Thèse : 3° Cycle Sci. Odontol. ; Lyon ; 1980 ; 03)

n° 42.12.80.03

Les résultats contradictoires des rares études concernant la biométrie de la cavité glénoïde nous ont conduit à définir plus précisément la morphologie articulaire supérieure temporo-mandibulaire et à déterminer certains facteurs influençant cette morphologie. La face inférieure de 149 crânes secs contemporains, de race blanche, de sexe et d'âge connus, ont été photographiés. Le positionnement des crânes et les photographies ont été standardisés ; sur chacune d'elles, nous avons mesuré 20 variables, dont certaines ont subi des transformations mathématiques, afin de fournir une image aussi fonctionnelle que possible de la base du crâne, du neurocrâne, de la face, des surfaces d'insertion musculaire masticatrices et nuquales, et des structures articulaires. Ces dernières ont été étudiées sous la forme de deux composantes distinctes : la cavité glénoïde et la surface sous-temporale.

Le dimorphisme sexuel est bien marqué mais l'âge n'a aucune influence sur la morphologie. Le résultat essentiel est la démonstration d'une opposition importante entre les deux composantes articulaires : la morphologie de la cavité glénoïde évolue directement avec la base du crâne, le neurocrâne et la face et indirectement avec la musculature nuquale par l'intermédiaire des éléments précédents ; une corrélation étroite lie la surface sous-temporale aux muscles temporal, masséter et ptérygoïdien externe. Cette surface sous-temporale apparaît donc comme la véritable structure fonctionnelle de la surface articulaire supérieure temporo-mandibulaire.

Rubrique de classement : ANTHROPOLOGIE
OCCLUSION DENTAIRE

Mots-clés : Articulation temporo-mandibulaire
Cavité glénoïde
Anthropologie cranio-faciale
Appareil masticateur, anatomie comparée
Appareil masticateur, physiologie

Mots-clés anglais

MesH : Temporomandibular Joint, anatomy
Anthropology, physical and biometry
Mastication, physiology

JURY : Président : M. le Professeur Louis DAVID
Assesseurs : M. le Professeur Jean PARRET
Mme le Prof. Marie-Antoinette DE LUMLEY
M. le Professeur Georges PERDRIX
M. Pierre MEIN

Adresse de l'auteur :

Y. BUYLE-BODIN, 3, rue de la République - 38000 GRENOBLE